



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - CCET  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL - DEAM

JOCIMAR COUTINHO RODRIGUES JUNIOR

**DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO  
DE ÁGUA PLUVIAL PARA ÓRGÃOS PÚBLICOS: O CASO DA CIDADE  
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ ALOÍSIO DE CAMPOS**

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2019

JOCIMAR COUTINHO RODRIGUES JUNIOR

**DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO  
DE ÁGUA PLUVIAL PARA ÓRGÃOS PÚBLICOS: O CASO DA CIDADE  
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ ALOÍSIO DE CAMPOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal de Sergipe como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniella Rocha.

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2019

JOCIMAR COUTINHO RODRIGUES JUNIOR

**DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO  
DE ÁGUA PLUVIAL PARA ÓRGÃOS PÚBLICOS: O CASO DA CIDADE  
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ ALOÍSIO DE CAMPOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) submetido e aprovado pela banca examinadora e pelo Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) em 06 de setembro de 2019 como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniella Rocha - Orientadora**

**Universidade Federal de Sergipe – DEAM/CCET/UFS**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Denise Conceição de Gois Santos Michelin**

**Universidade Federal de Sergipe – DEC/CCET/UFS**

---

**Prof. Msc. Erwin Henrique Menezes Schneider**

**Universidade Federal de Sergipe – DEC/CCET/UFS**

É concedida à Universidade Federal de Sergipe permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho acadêmico pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Jocimar Coutinho Rodrigues Junior

RODRIGUES JUNIOR, Jocimar Coutinho.

Dimensionamento e simulação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para órgãos públicos: o caso da cidade universitária Professor José Aloísio de Campos. Jocimar Coutinho Rodrigues Junior, São Cristóvão, 2019.

p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

I. Manejo de água pluviais. II. Drenagem sustentável. III. Impactos nos recursos hídricos.

À minha mãe, Lucenir Lista de Oliveira, por ser  
a minha maior base estrutural;

Aos progressistas, por continuarem lutando  
pelo Brasil, pela Amazônia, por Rondônia e  
pelo Norte-Nordeste;

E a mim, por existir e lutar.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Lucenir Lista de Oliveira, por ser a minha maior inspiração, por acreditar nos meus sonhos e nas minhas ambições, por ser o centro da minha família e ensinar para mim e minha irmãs a sermos fortes e resilientes, além de passar os maiores valores, enquanto mãe, cidadã e, principalmente mulher progressista.

Às minhas irmãs Kíscella, Layla e Lowranna, por serem a minha sustentação nos tempos difíceis, por acreditarem em mim e por darem voz e ação aos sonhos da nossa família.

Ao meu pai, Jocimar Coutinho Rodrigues (*in memoriam*), por ter sido e sempre será, o grande pai, que acreditou nos meus objetivos, me proporcionando paz e calma, mesmo a quilômetros de distância e com todas as dificuldades adquiridas em 2019. Esse sonho realizado é por você.

À minha família, Lista de Oliveira, por nunca me deixar cair, por sempre me levantar e dar sustentação durante toda a minha vida.

A Renan Meneses Gama, por ser a minha família em Sergipe, pela parceira, por ser uma pessoa iluminada, por me apoiar nos momentos de desespero longe da família, por tudo.

A Professora Dra. Daniella Rocha, por ser como a minha outra mãe, por me adotar como um aluno filho, me proporcionar grandes ensinamentos acadêmicos e, principalmente por ser uma profissional humana e consciente, por me ensinar que a ciência e a engenharia são as maiores fontes na busca de alternativas sustentáveis e de baixo custo na resolução de problemas sociais, ambientais e econômicos.

A Matheus Santana, Elen Naiara e Fernanda Stingelin, por serem grandes amigos, pela parceira e apoio, por compartilharem sonhos comigo, por serem presentes que a UFS me proporcionou.

A UFS, ao CCET e ao DEAM por existirem e resistirem.

*“Eu saí do zero, para ser o meu próprio herói.”*

*-Katy Perry – ROAR*

## RESUMO

A atual crise hídrica mundial afeta diversos países do mundo e tem como causa principal, a poluição industrial e doméstica que afeta de forma perversa os recursos hídricos. Como soluções, foram desenvolvidas diversas práticas sustentáveis e, dentre estas destacam-se as atividades relacionadas ao aproveitamento e reuso de água e efluentes. Tendo em vista este fator, os usos da água por órgãos públicos, como em universidade e instituições de ensino, para fins menos nobres e em espaços comunitários, é essencial para reduzir o consumo de água originada das fontes de abastecimento público. Com isso, esse trabalho tem como finalidade principal, dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial para a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, o maior campus da Universidade Federal de Sergipe, bem como simular a economia com a implementação desse sistema. A metodologia consistiu em realizar o levantamento da demanda total de água nas didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, sendo que para realizar o dimensionamento do sistema foram consideradas as normas ABNT/NBR 10844:1989 e ABNT/NBR 15527:2007, além de utilizar o *software* Netuno para simular o potencial econômico. Assim, foram obtidos resultados que mostram uma relativa e possível redução no consumo de água potável com o uso da água da chuva, além do sistema resultar em uma economia na conta de água que se torna relevante ao longo dos anos, podendo haver uma economia anual de pelo menos 9 mil reais na conta de água. Deste modo, foi possível perceber que o sistema de aproveitamento da água de pluvial consiste em uma tecnologia viável e envolve uma prática de utilização de água pluvial com um viés sustentável. Essa tecnologia, além de proporcionar um melhor gerenciamento dos recursos hídricos para a universidade, também possui um *payback* que pode ser alcançado em torno de uma década. Portanto, sua aplicação configura como uma alternativa eficiente na redução de consumo de água tratada, além de ser uma importante ferramenta na mitigação de impactos ambientais associados a inundações, doenças de veiculação e poluição difusa de corpos hídricos.

**Palavras-chave:** manejo de águas pluviais, drenagem sustentável, impactos nos recursos hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe.



## ABSTRACT

The current global water crisis is affecting many countries around the world, and its main cause is industrial and domestic pollution that adversely affects water resources. As solutions, several sustainable practices were developed and among them stand out the activities related to the use and reuse of water and effluents. Given this factor, the use of water by public agencies, such as universities and educational institutions, for less noble purposes and in community spaces, is essential for reducing the consumption of water from public sources. Thus, this work has as its main purpose, to design a rainwater harvesting system for Professor José Aloísio de Campos University City, the largest campus of the Federal University of Sergipe, as well as to simulate the economy with the implementation of this system. The methodology consisted in conducting the survey of the total water demand in the didactic 1, 2, 3, 4, 5 and 6, and to perform the system sizing were considered the standards ABNT/NBR 10844:1989 and ABNT/NBR 15527:2007, in addition to using Neptune software to simulate economic potential. Thus, results were obtained that show a relative and possible reduction in drinking water consumption with the use of rainwater, besides the system resulting in a saving in water bill that becomes relevant over the years, and there may be an annual saving. of at least 9 thousand reais in the water bill. Thus, it was possible to realize that the rainwater harvesting system is a viable technology and involves a practice of using rainwater with a sustainable bias. This technology, in addition to providing better management of water resources for the university, also has a payback that can be achieved within a decade. Therefore, its application is an efficient alternative to reduce the consumption of treated water, as well as being an important tool in mitigating environmental impacts associated with flooding, waterborne diseases and diffuse water body pollution.

**Keywords:** stormwater management, sustainable drainage, impacts on water resources, Federal University of Sergipe, Sergipe.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pedra Moabita. ....	7
Figura 2 – Comparação de técnicas de LID e técnicas de drenagem convencionais. ....	12
Figura 3 – Jardim de chuva.....	12
Figura 4 – Trincheira de infiltração.....	13
Figura 5 – Vala de infiltração.....	13
Figura 6 – Comparação entre balanço hídrico convencional e o balanço hídrico WSUD. ....	15
Figura 7 – Técnicas sustentáveis de drenagem sustentável de águas pluviais. ....	17
Figura 8 – Localização da Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão/SE. ....	24
Figura 9 – Localização das didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. ....	25
Figura 10 – Componentes e equipamento de sistema de aproveitamento de água pluvial. ....	26
Figura 11 – Cálculo das áreas de contribuição para captação da água pluvial.....	28
Figura 12 – Exemplos de calhas.....	29
Figura 13 – Calha com aresta viva.....	30
Figura 14 – Calha com funil de saída.....	30
Figura 15 – Cobertura da didática 1.....	40
Figura 16 – Cobertura da didática 2.....	40
Figura 17 – cobertura da didática 3.....	41
Figura 18 – cobertura da didática 4.....	41
Figura 19 – cobertura dos blocos de aulas da didática 5.....	42
Figura 20 – cobertura dos blocos de aulas da didática 6.....	42
Figura 21 – Área de contribuição da cobertura.....	44
Figura 22 – Coeficientes da equação de intensidade pluviométrica.....	46
Figura 23 – Exemplo de calha de concreto.....	48
Figura 24 – Localização dos reservatórios das didáticas 1 e 2.....	57
Figura 25 – Localização dos reservatórios das didáticas 3 e 4.....	58
Figura 26 – Localização dos reservatórios das didáticas 5 e 6.....	58
Figura 27 – Dados de entrada do Netuno.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência de manutenção dos componentes do reservatório.....	19
Tabela 2 – Coeficiente de escoamento (runoff) para determinadas superfícies. ....	27
Tabela 3 – Coeficientes de manning de acordo com o material. ....	31
Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.). ....	31
Tabela 5 – Áreas e medidas reais das didáticas 1, 2 e 3. ....	43
Tabela 6 – Área e medidas reais da didática 4. ....	43
Tabela 7 – Áreas e medidas reais das didáticas 5 e 6. ....	43
Tabela 8 – Área de contribuição de cada cobertura.....	44
Tabela 9 – Vazão de projeto envolvendo cada cobertura. ....	47
Tabela 10 – Medidas das calhas. ....	49
Tabela 11 – Diâmetros dos condutos verticais. ....	50
Tabela 12 – Diâmetro comercial dos tubos de PVC.....	51
Tabela 13 – Diâmetro de tubos de polietileno.....	52
Tabela 14 – Usos das didáticas e quantidade de pessoas que frequentam diariamente os locais. .....	53
Tabela 15 – Demanda total de água nas didáticas. ....	53
Tabela 16 – Volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto.....	55
Tabela 17 – Volume do reservatório pelo método de empírico inglês.....	55
Tabela 18 – Volume do reservatório pelo método de empírico alemão, considerando o volume anual de chuva coletado.....	56
Tabela 19 – Volume do reservatório pelo método de empírico alemão, considerando o volume da demanda anual. ....	56
Tabela 20 – Volume adotado do reservatório pelo método de empírico alemão. ....	56
Tabela 21 - Dados de entrada do Netuno para cada didática.....	59
Tabela 22 – Simulação didática 1.....	61
Tabela 23 – Simulação didática 2.....	62
Tabela 24 – Simulação didática 3.....	62
Tabela 25 – Simulação didática 4.....	63
Tabela 26 – Simulação didática 5.....	63
Tabela 27 – Simulação didática 6.....	64
Tabela 28 – Estimativas de economia para cada didática. ....	64
Tabela 29 – Valores dos Reservatórios. ....	66
Tabela 30 – Retorno financeiro para a instalação do sistema.....	67

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	27
Equação 2.....	27
Equação 3.....	28
Equação 4.....	29
Equação 5.....	34
Equação 6.....	35
Equação 7.....	35

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEHOP – Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas

DIPRO – Divisão de Projetos

NBR – Norma Brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

ORSE – Orçamento de Obras de Sergipe

SIGAA - Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas

UFS – Universidade Federal de Sergipe

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Cenários de impactos ambientais nos recursos hídricos.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Histórico da utilização da água pluvial .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3 Conceitos e alternativas para manejo das águas pluviais.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Qualidade do recurso hídrico e qualidade da água pluvial .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5 Aproveitamento de água pluvial em edificações.....</b>	<b>20</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Área de estudo e obtenção de dados .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Normas e legislação aplicadas ao dimensionamento do sistema .....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Considerações acerca do dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial .....</b>	<b>26</b>
<b>4.4 Análise da demanda de água nas didáticas .....</b>	<b>32</b>
<b>4.5 Dimensionamento do reservatório .....</b>	<b>34</b>
<b>4.6 Potencial econômico com a utilização do <i>software</i> Netuno .....</b>	<b>35</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1 Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial para a UFS .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1.1 VAZÃO DE PROJETO.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1.2 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS.....</b>	<b>47</b>
<b>5.1.3 CONDUTORES VERTICAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1.4 CONDUTORES HORIZONTAIS .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2 Análise da demanda de água nas didáticas .....</b>	<b>52</b>
<b>5.3 Dimensionamento do reservatório .....</b>	<b>54</b>
<b>5.4 Simulações econômicas com o <i>software</i> Netuno .....</b>	<b>59</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>69</b>
<b>7. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>71</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos de desenvolvimento urbano, bem como o crescimento populacional, são responsáveis por ocasionar significativas mudanças na ocupação do espaço e na dinâmica ambiental dos ecossistemas. Diante desse fenômeno, uma série de impactos ambientais surgem, envolvendo os problemas de escassez de água, de drenagem das águas pluviais e de poluição dos recursos hídricos.

Segundo Botelho (1985), a urbanização de uma localidade basicamente significa a ocorrência de um conjunto de ações, como a retirada relevante de parte da vegetação, abertura dos sistemas viários, obras de terraplenagem do solo, ocupação populacional intensa e adensada. Essas ações resultam em impactos que podem ser imensuráveis, implicando em processos erosivos, assoreamento de cursos d'água, alagamentos e enchentes.

Levando em consideração essa realidade, tornou-se necessária a elaboração e implementação de um planejamento urbano adequado, que considere a dinâmica do ciclo hidrológico local, apontando estratégias de conservação e proteção do ecossistema. Com isso, para corrigir e minimizar os impactos decorrente da urbanização, surgiram diversos estudos acerca do tema, no que tange propostas para melhorias no desenvolvimento e planejamento de áreas urbanas.

Neste contexto, Tomaz (2003) aponta que o grande objetivo da sociedade atual consiste na busca por práticas que aprimorem o uso e a utilização da água, envolvendo os programas e políticas de conservação e proteção, que tem como base a implementação de medidas técnicas mais sustentáveis. Essas medidas podem ser variadas, podendo ser implementadas por incentivos que vão desde ações de educação ambiental até a regulamentação de leis e de tarifas.

De acordo com Brito (2006), até certo tempo, os sistemas de drenagem urbana convencionalmente eram planejados como os denominados sistemas clássicos, os quais foram concebidos tendo como base a permissão de deslocar e mover rapidamente as águas das chuvas das áreas urbanas, de forma a evitar as enchentes e inundações. Porém com o grande crescimento das cidades, com o desenvolvimento urbano e industrial, esses sistemas clássicos revelaram ser ineficientes e limitados, pois negligenciam aspectos da qualidade da água, do ciclo hidrológico e da capacidade hidráulica das localidades em que são inseridos.

Na segunda metade do século XX surgiram novas técnicas de gerenciamento da drenagem urbana de águas pluviais. Dessa maneira, novas medidas alternativas começaram a ser implementadas, baseando-se na redução do escoamento superficial, na infiltração de água

no solo, no tempo de retenção, entre outros fatores. Essas novas técnicas passaram a complementar os sistemas clássicos de drenagem urbana, aferindo novos mecanismos aos mesmos.

Neste ponto de vista, o aproveitamento de água pluvial surgiu como uma dessas alternativas mais sustentáveis para gerenciamento da drenagem e para suprir problemas de escassez de água. Segundo Marinowski (2007), a água pluvial consiste em um recurso natural amplamente disponível em grande parte do Brasil, onde a mesma pode ser utilizada para variados objetivos não potáveis, como irrigação, lavagem de pisos, descargas de vasos sanitários. Ressalta-se que também é possível o uso da água da chuva para usos potáveis, porém, é necessário realizar um tratamento da mesma, para atingir os níveis de potabilidade exigidos.

Annechini (2005), aponta que a utilização da água da chuva ocasiona diversos benefícios, como a conservação da água e a redução da quantidade de água provida das fontes superficiais de abastecimento. Consequentemente, essa utilização resulta na redução do escoamento superficial, minimizando a poluição difusa, os problemas com inundações e enchentes, auxiliando de forma significativa a sustentabilidade urbana.

Diante disso, é possível com a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, em áreas urbanas, reduzir o consumo de água potável e a poluição difusa e, ao mesmo tempo, promover uma diminuição da água destinada ao sistema de drenagem convencional. Nessa conjuntura, se propõe uma solução aos problemas envolvendo o escoamento de água pluvial, não apenas de forma quantitativa, pois ocorre a redução das vazões a jusante, mas também de forma qualitativa, corroborando com a melhoria da qualidade das águas superficiais.

Portanto, a captação de água de água pluvial em locais urbanizados, como campus universitários e cidades universitárias, consiste em uma tecnologia que pode conceder um fim adequado para a água da chuva. Assim, tendo em vista que nas universidades existem diversos usos não potáveis, a água pluvial pode ser útil para irrigação de jardins e gramados, descargas de vasos sanitários, lavagem de pisos e calçadas.



## **2. OBJETIVO**

Dimensionar e simular um sistema de aproveitamento de água pluvial para a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos (Universidade Federal de Sergipe) em São Cristóvão/SE, visando a utilização em fins não nobres.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Dimensionamento de todos os componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial para as didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6;
- Avaliação do reservatório mais adequado para o sistema;
- Simulação do potencial econômico;
- Verificação do retorno financeiro com a instalação do sistema (*payback*);
- Realizar propostas para destinar as águas pluviais para determinados usos não nobres.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Cenários de impactos ambientais nos recursos hídricos**

A água consiste em um recurso natural que possui relevante importância na realização de diversas atividades, que vão desde sua utilização para o consumo humano, agricultura, até sua aplicação nos variados processos industriais. Em contrapartida, alguns fatores que englobam o elevado crescimento populacional, seu uso insustentável e a forte demanda exercida pelos setores produtivos, têm contribuído com a degradação da sua qualidade e quantidade disponíveis da água.

Segundo Grassi (2001), o planeta Terra é composto por cerca de 70% de água superficial em seu estado líquido. Entretanto, a água doce é constituída por apenas 2,5%, sendo que desta parcela, 2/3 são provenientes das calotas polares e das geleiras e apenas 0,7% são constituídos por lagos, rios e reservatórios subterrâneos, fontes direcionadas para o consumo humano.

Nesse sentido, mesmo tendo somente uma pequena parcela de água doce que contribui para a utilização de forma direta dos seres vivos, essa água vem sendo contaminada e degradada, em razão de ações impactantes da sociedade ao meio ambiente. Assim, se estimula um problema constante relacionado a má distribuição deste recurso, fator que coloca totalmente em vulnerabilidade séria o desenvolvimento humano.

Diversos estudos internacionais apontam que o problema da água afeta diversos países, onde não têm como garantir ao cidadão, o acesso universal à água com qualidade adequada e em quantidades suficientes. Dentre às restrições que englobam a escassez de água e o serviço de abastecimento, estão questões econômicas, organizacionais, climáticas, políticas, sociais e, principalmente, a falta de sustentabilidade hídrica. (THOMAS, 2003).

Segundo diversos estudiosos, o cenário de procura da água duplicará de vinte em vinte anos, porém, a oferta da mesma não será alterada. Esta diferença entre a quantidade de água que é disponível (disponibilidade hídrica) e a demanda (procura de água) foi multiplicada por cinco no espaço de um século, em razão dos impactos ambientais e aumento populacional. Portanto, pode-se afirmar que a repartição dos recursos hídricos está se tornando cada vez mais desigual. (SANTOS, 2001).

Nesse contexto, além dos impactos ambientais relacionados a escassez de água, é de grande importância citar os problemas relacionados ao gerenciamento de águas pluviais em

eventos de precipitação, que são bastante comuns em diversas áreas urbanas do mundo e também na grande maioria das cidades brasileiras.

Os problemas alinhados a esses eventos chuvosos englobam as enchentes, inundações, alagamento e enxurradas, causando diversas catástrofes ambientais, econômicas e sócias. Com isso, é de grande relevância que esses impactos sejam evitados e, para isso, a minimização dos mesmos pode ocorrer levando em consideração um gerenciamento e manejo adequado das águas das pluviais em períodos chuvosos.

Nessa conjuntura, a sociedade enfrenta uma série de agravantes a partir dos impactos ligados a problemática da precipitação. Em grande parte, essas problemáticas surgiram ao longo do século XX, em diversas cidades do mundo, inclusive as brasileiras, que enfrentaram um processo de urbanização rápido e em condições ambientais inadequadas. No Brasil, esse processo de urbanização teve seu ápice por volta dos anos 80, onde o crescimento dos centros urbanos se deu sem o planejamento adequado e praticamente sem infraestrutura.

Diante dessa realidade urbana que foi moldada a partir dos desdobramentos por busca de moradias e de espaços, surgiram agravantes sobre os recursos hídricos, principalmente sobre a drenagem urbana. Os impactos sentidos sobre os corpos d'água ocorreram principalmente a partir da impermeabilização do solo, que foi ocasionada pelo desenvolvimento de toda a malha urbana, assim, o escoamento superficial natural das águas pluviais foi altamente modificado. (FIGUEIREDO, 2015).

O volume de água que natural deveria escoar de acordo com os cursos hídricos, foram alterados a partir da urbanização. Dessa maneira, anteriormente ao desenvolvimento intenso urbano, as águas eram retidas pela vegetação e infiltravam no solo, além de escoarem rapidamente até atingir os canais de drenagem. A partir da retirada da vegetação e impermeabilização do solo, resultou-se em um aumento relevante da vazão máxima dos rios, provocando inundações que trazem consequências irreversíveis. (TUCCI, 1995).

Um outro impacto alinhado ao aumento da urbanização, consiste na poluição difusa, que pode ser entendida como um processo que tem início na lavagem e no transporte de poluentes atmosféricos pela chuva. Ao ocorrer as precipitações, parte dos poluentes depositados nas superfícies das bacias são carregados e transportados para um corpo receptor. Portanto, este fenômeno acontece de forma aleatória, sendo de difícil mensuração, pois envolvem fatores meteorológicos e do tipo de ocupação da área. (FREITAS, 2013).

A partir destes cenários, tornou-se importante a realização de novas buscas por tecnologias que pudessem promover a minimização destes impactos, que coloca em riscos várias sociedades ao redor do mundo. Com isso, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas

com o objetivo comum de minimização dos impactos que ocorrem sobre os recursos hídricos e no abastecimento de água.

Segundo Rillo (2006), em locais do mundo onde os problemas envolvendo a quantidade de água precipitada é grave, podendo a disponibilidade hídrica ser bastante baixa, ou ainda os problemas de drenagem serem visivelmente relevantes, a reciclagem da água, o reúso de água servida e o aproveitamento de água de chuva são alternativas que podem ser utilizadas, após análise técnica e econômica, dependendo da problemática e realidade do local.

Consequentemente, essas novas tecnologias, incluindo o aproveitamento de água pluvial podem funcionar como mecanismos no correto manejo da água, contribuindo para uma melhor repartição dos recursos hídricos. Além disso, também há a finalidade dessas novas tecnologias serem viáveis não só ambientalmente, mas também economicamente para determinadas região que possuem peculiaridades únicas.

### **3.2 Histórico da utilização da água pluvial**

O uso da água pluvial para diversos fins consiste em uma técnica bastante popular em várias partes do mundo, especialmente em regiões com baixos índices pluviométricos. Há diversos registros que datam a utilização da água da chuva há milhares de anos, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do mundo.

Na Mesopotâmia, buscava-se utilizar bastante a água da chuva para os mais diversificados fins. As primeiras invenções envolvendo a hidráulica, hidrologia e agricultura, ocorreu na região da Mesopotâmica, onde os habitantes passaram a ter as primeiras consciências de uso da água de pluvial. (TOMAZ, 2003).

De acordo com Gnadlinger (2000), em território chinês, no Planalto de Loess também já existiam cacimbas e tanques para armazenamento de água de chuva há mais de dois mil anos atrás. Além disso, a Índia possui cerca de 26 inúmeras experiências tradicionais de colheita e aproveitamento de água de chuva. O deserto de Negev, local que hoje é território de Israel e da Jordânia, há mais de dois mil também possuiu um sistema integrado de manejo de água de chuva.

Nesse sentido, o documento mais antigo que tem registro, consiste na Pedra Moabita (Figura 1), encontrada na antiga região de Moabe perto de Israel e datada cerca de 830 a.C.. Essa Pedra, cuja construção ocorreu basalto negro, tem gravada uma inscrição do rei Mesa dos Moabitas para os habitantes da cidade de Qarhoh. Assim, basicamente essa transição na pedra, marca a construção de uma cisterna para armazenamento de água das chuvas em cada habitação.

Também se tem registros que a fortaleza de Masada, em Israel, tem dez reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros. Portanto, em vários locais do oriente médio, onde ocorreram os primeiros registros de civilizações, se tem registros de captação e utilização da água provida da chuva.

Figura 1 – Pedra Moabita.



Fonte: wikipedia.org

Segundo Tomaz (2003), no período da pré-história, outros exemplos de utilização da água da chuva também foram registrados, como na ilha de Creta, onde existem vários reservatórios para abastecimento humano, escavados em rochas anteriores a 3000 a.C. Com isso, se percebe que com a captação e armazenamento de água pluvial, em regiões de escassez, desde a pré-história eram usadas, inclusive, fins potáveis, envolvendo o consumo.

Durante o processo de colonização dos continentes do planeta, diversas técnicas de captação de água da chuva foram desenvolvidas, principalmente nas partes semiáridas do oriente. Na China e, em grande parte do extremo oriente, essas técnicas foram utilizadas, solucionando os problemas de abastecimento de água, o que resultou em pontos positivos fundamentais para o desenvolvimento econômico e social da região. (PALMIER, 2001).

No continente americano, diversos estudiosos apontam que existem documentações acerca da existência de reservatórios que surgiram antes da chegada de Cristóvão Colombo ao referido continente. Em grande parte, supõe-se que os mesmos foram construídos principalmente no Peru e no México, pelas civilizações dos Incas, Maias e Astecas.

Segundo Tomaz (2003), depois da segunda metade do século XX países industrializados, como o Japão e a Alemanha vem seriamente desempenhando projetos e políticas acerca do aproveitamento da água da chuva, tornando-se pioneiros na área. Além disso, países como Estados Unidos, Austrália e Singapura também começaram a desenvolver

pesquisas na área do aproveitamento da água da chuva, desempenhando papel fundamental para a implementação de técnicas de captação.

Assim, com o passar dos anos, em vários países vêm desenvolvendo sistemas novos que permitem a captação de água com técnicas simples e econômicas. Com isso, diversas localidades procuram desenvolver essas técnicas levando em consideração as características e peculiaridades da própria região.

No Brasil, até o final do século XX existiam poucos casos de aproveitamento de água pluvial. Na região do nordeste brasileiro, onde ocorre a falta de recursos hídricos, em razão dos rios, lagos e açudes serem temporários e, além da salinidade das águas subterrâneas serem um problema, esses fatores ocasionam uma escassez de água significativa, levando parte da população nordestina a utilizar a água da chuva para utilizar nas necessidades básicas e na agricultura. (CARDOSO, 2010).

Diante disso, se pode perceber que a região do semiárido do Brasil, em razão da necessidade de armazenar água pluvial, foi o pioneiro no desenvolvimento de formas e técnicas de captação dessas águas. Sendo assim, se tem experiências de tecnologias acessível que foram implementadas com sucesso para a captação e manejo de água de chuva para consumo humano, criação de animais e produção de alimentos, em grande parte maioria, desenvolvidas por agricultores familiares.

Dentro do contexto dessas alternativas e tecnologias, foi-se popularizando em centros urbanos, a finalidade de captar e armazenar mais água, a partir de fontes alternativas de suprimento, visando principalmente o abastecimento para fins de água não potável. Com isso, na promoção da sustentabilidade hídrica a partir de novas fontes, nas cidades, o aproveitamento da água pluvial, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar, consistem nas alternativas mais empregadas para uso não potável. (ANNECCHINI, 2005).

Visando este cenário, de estimulação do uso de águas pluvial, no Brasil foi publicada a Lei Federal nº 13.501/2017, que acrescenta um novo objetivo à Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Feral nº 9433/1998). De acordo com a nova Lei, que acrescenta novos rumos no gerenciamento de recursos hídricos, passa-se a incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

Deste modo, o Brasil entrou de fato no cenário mundial relacionado ao aproveitamento de água pluvial. Assim, com a inclusão desse objetivo na Política Nacional de Recursos Hídricos, segue a tendência mundial de utilização de água para uso não nobre, com utilização na manutenção de jardins, limpeza de calçadas, além de atividades agrícolas e industriais.

### 3.3 Conceitos e alternativas para manejo das águas pluviais

Em razão dos impactos já discutidos acerca dos problemas envolvendo o gerenciamento das águas pluviais, que podem acarretar em uma série de agravantes englobando desde o equilíbrio do ecossistema, a saúde pública e prejuízos econômico-financeiros, tornou-se evidente a necessidade de estudar novas alternativas sobre o tema, com a finalidade principal de evitar transtornos para a população.

Assim, diante de eventos chuvosos tornou-se evidente a necessidade de implementação de técnicas que, melhorem o escoamento e armazenamento das águas pluviais, evitando sobrecargas no sistema de drenagem urbano. Por essa razão, a gestão e o manejo das águas do sistema de drenagem passaram a considerar medidas de correção e prevenção de impactos ambientais, com o objetivo básico de minimizar os danos causados por inundações e alagamentos. (TUCCI, 2006).

Nesta lógica, foi desenvolvida uma abordagem mais atual, denominada de Drenagem Urbana Sustentável, onde se busca soluções de problemas que proporcionam uma destinação das águas de forma que não seja acarretado prejuízos, como a retenção artificial das águas pluviais, de modo que seja compensada as perdas na retenção natural. (SILVA, 2007).

No princípio, até meados da década de 60 do século XX, era tido como objetivo apenas a mitigação de impactos envolvendo as cheias, sendo que mais atualmente também se tem a finalidade de melhorar a qualidade das águas drenadas, a restauração do regime de vazões, o aproveitamento das águas da chuva, entre outros objetivos.

Com passar dos anos, os projetos de sistemas de drenagem sustentável aprimoram mais as técnicas de gestão das águas, evitando que os problemas de alagamentos e inundações sejam transferidos para localidades vizinhas. Além disso, estão contribuindo cada vez mais para a diminuição de impactos ambientais causados por empreendimentos no sistema hídrico, garantindo assim, a sua sustentabilidade.

Sendo assim, um dos primeiros conjuntos de ações de drenagem sustentável que foram publicados, consiste no BMP (*Best Management Practices*), desenvolvido pela EPA (*Environmental Protection Agency*) na metade do século XX. (ROESNER; TRAINA, 1994).

Basicamente o BMP envolve o controle da qualidade e da quantidade de água a partir de medidas estruturais e não estruturais. As ações contribuem bastante para reduzir a poluição difusa dos corpos d'água das cidades e impedir que os canais do sistema de drenagem acumulem muita água e também obstruções. (TUCCI, 2008).

Tucci e Bertoni (2003) afirmam que as medidas estruturais, conforme o nome sugere, consistem em alternativas que modificam o sistema fluvial, envolvendo obras, intervenções ou interrupções que, basicamente, evitam os prejuízos decorrentes das enchentes. Com isso, os impactos são corrigidos, evitados ou minimizados diante de trabalhos de engenharia que envolvem o ciclo hidrológico do local.

Walesh (1989), também define que as medidas estruturais controlam os eventos de inundações a partir de obras de engenharia, com isso, os impactos são corrigidos, evitados ou minimizados diante de tecnologias que envolvem diversas etapas do ciclo hidrológico.

Enquanto isso, Tucci (1999) afirma que as medidas não-estruturais, são definidas como aquelas em que os problemas buscam ser minimizados, não a partir de obras, mas de acordo com a introdução de normas, regulamentos e programas. Nesse contexto, se tem como objetivo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, o correto uso dos recursos hídricos, além da implementação de sistemas e alarmes de conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

Dessa forma, basicamente as medidas não estruturais podem ser conglomeradas nas seguintes técnicas:

- Mecanismos de regulamentação do uso e ocupação do solo - zoneamento;
- Ações de educação ambiental envolvendo a importância da conservação ambiental ligada ao controle do descarte irregular de resíduos sólidos;
- Mapas de alagamentos;
- Seguro-enchente;
- Serviços de alerta de inundações;
- Serviços de previsão de inundações;
- Políticas ambientais de incentivo;
- Entre outros.

Um planejamento que leve em consideração todos os fatores locais de uma área urbana, deve considerar uma integração harmoniosa entre medidas estruturais e não estruturais. Esta integração alinha ao desenvolvimento urbano, promove um gerenciamento das águas e do sistema de drenagem que sem prejudicar a vazão dos cursos hídricos. (TUCCI, 2008).



De acordo com as definições de BMP já apontadas anteriormente, pode-se definir que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, instalados para contribuir com a redução do escoamento superficial, bem como para evitar problemas de drenagem, consistem em BMPs.

Além dos chamados BMPs, durante a década de 80, surgiram outras considerações, que passaram a entender os problemas de maneira mais integrada, onde tenta-se resgatar as características naturais do ciclo hidrológico, enquanto se agrega valor à própria cidade. Assim, esse tipo de desenvolvimento integrado recebeu a denominação de LID (*Low Impact development*) na América.

O enfoque do LID, consiste basicamente em desenvolver uma área funcional em relação ao ciclo hidrológico, onde a destinação para as próximas etapas do ciclo ocorrente no próximo local, evitando o escoamento da água para áreas vizinhas. Podem ser definidas como técnicas de LID: jardins de chuva, telhados verdes, cisternas e pavimentos permeáveis. (TUCCI, 2006).

Nesse contexto, se pode afirmar que a ideia principal no conceito de LID, consiste em intervir o mais próximo possível da fonte, onde a água é destinada na sua própria fonte. Com isso, os projetos urbanos com a utilização de LIDs são elaborados para criar uma paisagem multifuncional e hidrológicamente possível de incorporar características de projeto que buscam simular as funções de infiltração e armazenamento da bacia pré-urbanizada.

De tal modo, na busca de uma solução ambientalmente sustentável, é preciso entender a infraestrutura do local, a ocupação e logística do espaço, para assim, traçar as técnicas de preservação das funções naturais, como a infiltração e a rede natural de escoamento. A Figura 2 mostra uma lista de técnicas de LID e de técnicas de drenagem convencionais e, as Figura 3 a 5 revelam imagens de práticas de LID utilizadas em localidades.

Figura 2 – Comparação de técnicas de LID e técnicas de drenagem convencionais.

TÉCNICAS DE LID	PRÁTICAS CONVENCIONAIS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução da utilização de áreas totalmente impermeáveis;</li> <li>• Controle do volume de escoamento;</li> <li>• Controle de frequência de escoamento;</li> <li>• Melhoria da qualidade de água;</li> <li>• Aproximação das condições anterior a urbanização com melhorias no tempo de concentração;</li> <li>• Destinação do escoamento na própria fonte, sem transferir a água para justante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização e emprego de cobertura impermeável;</li> <li>• Tempo de concentração reduzido;</li> <li>• Traferência da água para outros pontos, a justante;</li> <li>• Diminuição da qualidade da água que escoar;</li> <li>• Grande volume de água de escoamento;</li> <li>• Grande tempo de duração do escoamento.</li> </ul>

Fonte: o autor (2019).

Figura 3 – Jardim de chuva.



Fonte: researchgate.net.

Figura 4 – Trincheira de infiltração.



Fonte: AquaFluxus,

Figura 5 – Vala de infiltração.



Fonte: ecivilnet.com.

O Reino Unido, na segunda metade do século XX, após a América desenvolver o BMP, lançou o conceito de *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS), que foi desenvolvido com a finalidade de melhorar a paisagem e infraestrutura urbana, alinhados a gestão de riscos ambientais.

Com isso, o SUD possui como objetivo promover a melhoria do ambiente construído, sendo mais aprimorados do que os BMPs, buscando-se minimizar os escoamentos superficiais através de estruturas de controle da água pluvial em pequenas unidades.

Nesse segmento, há a premissa de aumentar a infiltração do solo, alinhando dois fatores: a melhoria no equilíbrio do ciclo hidrológico e o incentivar o uso de água pluvial. O SUD surgiu como uma alternativa na evolução do conceito sanitário-higienista, que basicamente prevê o rápido escoamento das águas das chuvas e do esgoto para fora dos perímetros urbanos da cidade, com o objetivo único de preservar a saúde pública, acabando com qualquer tipo de incômodo para poluição, como odores e degradação da paisagem. (JONES; MacDONALD, 2007).

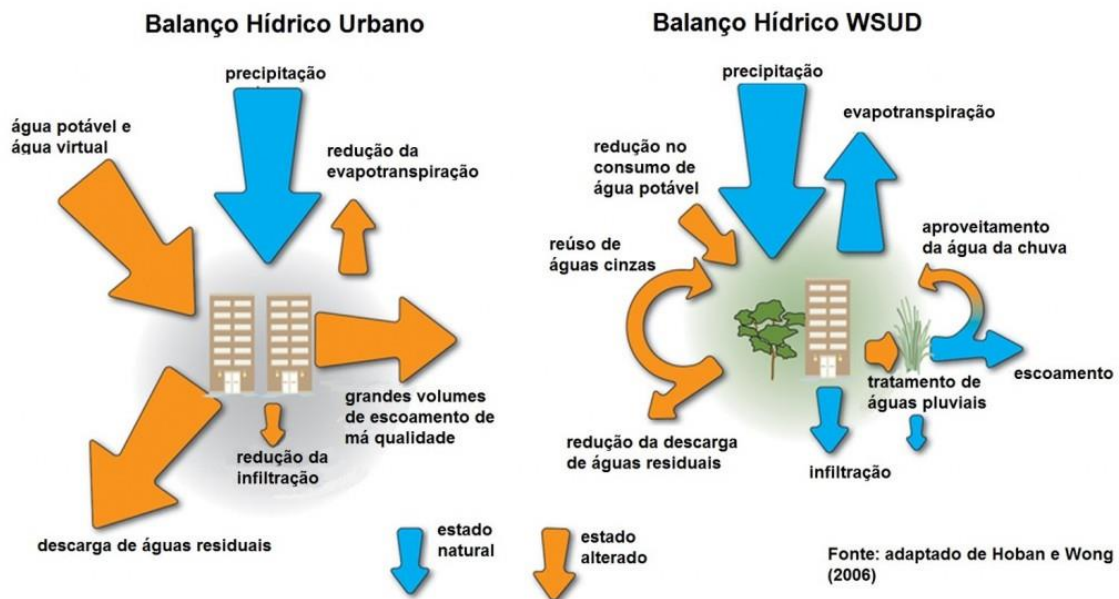
Além disso, também se engloba medidas não estruturais, como *layouts* alternativos de estradas e prédios, que promovem exatamente essa redução das impermeabilizações do solo, mantendo áreas livres para infiltração. Assim, no Reino Unido, desde o século XX, o conceito de SUD promove a adequação das áreas em desenvolvimento.

Em solo australiano, também foi desenvolvido no início da década de 90, o conceito de *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), onde se desenvolveu técnicas que analisa todo o ciclo da água, incluindo também a reutilização da água, antes do descarte. De maneira mais generalista, tanto o WSUD (Austrália), quanto o SUD (Reino Unido) e o LID (Estados Unidos), apresentam conceitos com objetivos parecidos, mudando apenas o local de origem.

Entretanto, uma diferença que pode haver entre o WSUD e os demais conceitos, consiste no reaproveitamento das águas, onde se evita o descarte logo no início. O conceito principal é evitar e reduzir os impactos até que se chegue próximo às condições naturais, ou seja, na condição em que não se tem intervenção humana, conforme é mostrado na Figura 6.

Todos os elementos do ciclo hidrológico devem ser levados em consideração, onde de maneira sincrônica, se atende a manutenção do meio ambiente natural e, também, às necessidades da sociedade. Ou seja, o WSUD está ligado a uma gestão adequada aos serviços de abastecimento de água, esgoto, proteção dos corpos hídricos, drenagem pluvial, contenção de cheias, controle de inundações, reuso da água e sistemas de retenção. (MORGAN *et al.*, 2012).

Figura 6 – Comparação entre balanço hídrico convencional e o balanço hídrico WSUD.



Fonte: Aquafluxus.

De acordo com Morgan *et al*, 2012, o principal fundamento para a implementação de técnicas de WSUD consiste na possível economia e sustentabilidade ambiental, nos serviços que envolvem o abastecimento de água urbana, águas residuais e águas pluviais. Diante disso, pode-se destacar os seguintes objetivos:

- Minimização das demandas por água potável, por meio de usos mais eficientes das águas;
- Diminuição da geração de efluentes;
- Tratamento das águas de origem pluviais para atender aos padrões de qualidade específicos dependendo da sua utilização;
- Promoção da saúde pública;
- Conversação das características hidrológicas dos corpos d'água;
- Promover uma paisagem harmoniosa;
- Diminuir a demanda de água para fins não potáveis;
- Promover autossuficiência dos locais;
- Promover um equilíbrio entre a quantidade e qualidade das águas que entram e saem de um determinado local, com a implementação do sistema.

Um último conceito englobando alternativas de drenagem sustentável, consiste na Infraestrutura verde (GI - *Green Infrastructure*), que apresenta uma visão mais nova e mais ampliada, acerca dos projetos de drenagem pluvial.

Ferreira *et al.*, (2004) afirma que a infraestrutura verde, de forma geral, possivelmente é responsável por inserir, conservar, corrigir ou recuperar a “estrutura ecológica” do local, onde se implementa o sistema. Com isso, se possibilita a integração do “sistema azul” (circulação da água) com o “sistema verde” (produção de biomassa), integrando como um grande sistema.

Nessa conjuntura, os sistemas de infraestrutura verde, colocam a conservação da biodiversidade em primeiro plano, formalizando objetivos de conservação ambiental mais amplos, os quais os são alcançados de forma harmoniosa com as outras finalidades de uso do solo, que podem ser: agricultura, silvicultura, lazer e recreação.

Nessa perspectiva, as intervenções urbanas que venham a utilizar as práticas da Infraestrutura Verde, podem proporcionar os mesmos benefícios que as outras técnicas, como maior infiltração da água, evapotranspiração e evaporação, reuso de água, aproveitamento de água pluvial, porém, esses benefícios são obtidos com um planejamento mais elaborado, do ponto de vista urbano. (HERZOG, 2013).

Então, esses benefícios das técnicas de Infraestrutura Verde, que possui um desenvolvimento alinhado a sustentabilidade, onde toda a malha urbana é construída já com o planejamento ambiental adequado, consistem em:

- Diminuição dos efeitos de ilhas de calor;
- Proporcionar um melhor quadro climático na cidade;
- Proporcionar uma melhoria da qualidade do ar.

Deste modo, se pode compreender que a Infraestrutura Verde é o conceito mais amplo atualmente, dentre todos os apresentados. Com isso, é possível entender que as soluções dessa técnica são baseadas no desenvolvimento urbano em proximidade com a manutenção dos recursos naturais.

Sendo assim, a Infraestrutura Verde consiste na alternativa mais sustentável para o método tradicional de gerenciamento do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais, em razão de tentar simular a própria natureza, bem como conservar a mesma. Consequentemente, se propicia a redução de enchentes, melhorias a qualidade da água, bem como na sua quantidade, ao mesmo momento em que se acarreta benefícios para população envolvendo a saúde pública, clima, conforto térmico, entre outros.

A Figura 7 mostra um resumo básico acerca da origem dos cinco conceitos de drenagem sustentável discutidos: BMP, LID, SUD, WSUD, Infraestrutura Verde.

Figura 7 – Técnicas sustentáveis de drenagem sustentável de águas pluviais.

BMP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Original dos Estados Unidos, publicado em 1972, com o objetivo de melhorar as práticas de drenagem.</li> </ul>
LID	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvido na América do Norte, sendo implementado no final da década de 70, atribuindo a sustentabilidade na drenagem.</li> </ul>
SUD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Original do Reino Unido, após o desenvolvimento do BMP. Busca drenar rapidamente as águas para fora das cidades.</li> </ul>
WSUD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Original da Austrália, nas últimas décadas do século XX. Introduziu as técnicas de reuso de água.</li> </ul>
Infraestrutura verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termo mais amplo, com o desenvolvimento de cenários hidrológicamente auto suficientes, alinhando todas as vertentes da sustentabilidade. A origem exata é desconhecida.</li> </ul>

Fonte: o autor (2019).

### 3.4 Qualidade do recurso hídrico e qualidade da água pluvial

A qualidade da água pode ser definida como um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que a mesma deve conter, para utilização em um fim específico. Sendo assim, a qualidade irá variar de acordo com a utilização dessa água e suas exigências.

Para averiguar a qualidade água, deve-se ter conhecimento acerca dos padrões de classificação. Com isso, para caracterizar uma água, determina-se uma série de parâmetros, os quais retratam as suas características e propriedades físicas, químicas e biológicas.

De forma geral, esses parâmetros funcionam como indicadores da qualidade da água, em que os mesmos possuem limites a serem obedecidos, conforme a finalidade de uso daquela água, podendo ser para abastecimento público, navegação, irrigação. Nesse sentido, os principais indicadores de qualidade da água estão separados conforme os aspectos físicos, químicos e biológicos, devendo respeitar os limites de classificação.

Assim, ao discutir a qualidade da água, se deve ter noção para qual é o uso daquele recurso hídrico, pois uma água de qualidade adequada para uso industrial, navegação,



paisagismo ou até geração de energia elétrica, possivelmente não terá a mesma qualidade exigida para o abastecimento humano, recreação, preservação da fauna e flora, entre outros. (BRASIL, 2014).

Segundo a CETESB (2006), os principais parâmetros que orientam a qualidade da água consistem em: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos, presença de metais, presença de bactérias, coliformes, entre outros. Dessa forma, os limites relacionados a esses parâmetros, possivelmente serão bem mais exigentes para fins de potabilidade e consumo humano, onde se deve ter mais exigência com a qualidade da água, para que a mesma possa ser útil para abastecimento de populações.

De acordo com Tundisi (1999), as modificações relacionadas a quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos, conseqüentemente colocam risco sobrevivência dos seres humanos, bem como as demais espécies do planeta. Nesse contexto, o desenvolvimento socioeconômico dos países deve ser alinhado e baseado na disponibilidade de água de boa qualidade, além da capacidade de sua conservação e proteção dos recursos hídricos.

Desta maneira, o gerenciamento dos recursos hídricos deve ocorrer levando em consideração os usos da água não potáveis, como jardinagem, lavagem de calçadas, utilização em descargas, dentre vários outros, a exigência de qualidade torna-se mais amena, em razão de não haver contato humano direto para esses fins. De tal modo, as águas pluviais, quando são bem gerenciadas, tornam uma opção para utilização.

Nesse caso, grande parte dos fins não potáveis ou não nobres, podem ser efetuados a partir da água pluvial, que consiste em uma alternativa mais sustentável para o emprego da água dependendo do objetivo. Além disso, fazendo o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, se retira parte da grande demanda de água advinda das estações de tratamento de água que abastecem a população com água potável.

Diversos autores apontam que a chuva inicial possivelmente é a mais poluída, em razão desta ser responsável por lavar a atmosfera que está contaminada por poluentes, além de lavar a superfície de captação, que podem ser telhados ou as demais superfícies que estão no solo. (GOULD, 1999).

Destarte, se deve haver procedimentos de limpeza dos tanques de armazenamento da água, com procedimentos simples de limpeza da água da chuva quando se destina a fins não potáveis, onde se utiliza bastante, o descarte dos primeiros milímetros de chuva que foram precipitados. Geralmente, os sistemas de aproveitamento de água pluvial para apenas os fins não potáveis, dispõem de um reservatório de eliminação da primeira chuva, que também denominado de autolimpeza da água pluvial. (TOMAZ, 2003).



Para a utilização da água pluvial para fins potável, o processo é mais complexo e, conseqüentemente mais oneroso, pois deve haver o tratamento dessa água, para atingir os padrões de potabilidade. Anecchini (2005), recomenda o uso de processos de tratamento que envolvem a filtração a partir de filtros de areia ou de carvão ativado e, além dessa filtração, também deve ser executado o processo desinfecção, que pode ser feito de maneira mais simples com o procedimento de fervura ou da cloração, ou de maneira mais sofisticada por procedimento de radiação ultravioleta.

Sendo assim, o aproveitamento de água pluvial para fins não nobres torna-se mais comum, em razão do sistema ser menos complexo, não necessitando de tratamento para atender padrões de potabilidade. Com isso, necessitando apenas da limpeza e manutenção dos reservatórios de armazenamento, é possível implementar sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações, para os fins não potáveis. Esse sistema pode funcionar em conjunto com o sistema público de abastecimento de água, que é responsável fornecimento de água potável.

Portanto, quando se fala em usos não potáveis, nos reservatórios de armazenamento deve haver também dispositivos de limpeza, para facilidade na manutenção. Sendo que a NBR 15.527/2007, atesta que os períodos que se deve fazer as limpezas e manutenções dos reservatórios dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, para usos não potáveis, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Frequência de manutenção dos componentes do reservatório.

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimensal
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 15.527/2007.

Assim, com a água do sistema de aproveitamento sendo destinada em qualidade aceitável para fins onde não são necessários tratamentos ou pouco tratamento, ressalta-se os

aspectos positivos no uso desses sistemas, em razão dos mesmos possibilitarem a redução do consumo de água potável fornecida pelas companhias de abastecimento, além de minimizar riscos de enchentes e alagamento, auxiliando os sistemas de drenagem urbana e, em certos casos, reduzir a escassez de recursos hídricos. (MAY, 2004).

### **3.5 Aproveitamento de água pluvial em edificações**

Durante a evolução do conceito de uso racional de água, que visa basicamente utilizar a mesma de maneira controlada e planejada, considerando a conservação dos recursos hídricos, as técnicas mais sustentáveis para captação de água foram popularizadas com o passar do tempo.

Com a disseminação do conhecimento, a sociedade passou a ter essa preocupação com a disponibilidade hídrica, sendo que alternativas como o aproveitamento de água pluvial foram desenvolvidas a fim de serem empregadas em residências populares, prédios residências, comerciais, públicos, industriais e em outras diversas edificações.

Assim, a água da chuva que é uma consequência das precipitações atmosféricas, pode ser coletada em coberturas e telhados, contando que não haja circulação de pessoas, veículos ou animais. (ABNT, 2007).

Conforme já foi explanado, o aproveitamento da água de chuva funciona como um relevante mecanismo que pode ser a principal ferramenta na redução do consumo de água de qualidade potável. Dessa forma, essa diminuição ocorre com a utilização da água pluvial para usos não potáveis, como descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de pisos, nos mais diversos tipos de edificações e residências. (BEZERRA *et al.*, 2010).

De acordo com Tomaz (2011), as propostas de conservação das águas são constituídas não apenas por tecnologias, mas também por mudanças práticas de comportamento, que em conjunto resultam na utilização mais controlada, eficiente e consciente da água.

Para isso, também se pode destacar que a aplicação de tecnologias voltadas para uso racional de água, deve ser viável economicamente, atingindo as populações de forma acessível. Com isso, geralmente se tem mais possibilidades de ganhos econômicos, seja em micro e em grande escala.

Portanto, Sant'Ana *et al.* (2017), afirmam que os sistemas prediais de água para usos não potáveis, podem estar ligados a fontes alternativas de água, como as águas pluviais, promovendo um abastecimento alternativo, que englobam fins que não oferecem riscos à saúde humana em edificações em geral.

Com isso, dentre as diferentes fontes alternativas para serem usados no abastecimento de água não potável, a águas pluvial pode ser viável. De forma geral, o aproveitamento de água pluvial segundo Sant'Ana *et al.* (2017), é baseado em um simples conceito, que engloba os seguintes pontos: a coleta, o armazenamento e a utilização da água como uma alternativa que atua de maneira complementar ao abastecimento predial.

A elaboração de um sistema de aproveitamento de água da chuva, ocorre levando em consideração as etapas desse sistema, desde a captação até a reservação, sendo que é preciso observar cuidados dependendo da região, suas peculiaridades, para tornar todo o sistema seguro e eficiente.

Aquastock (2008), elenca os seguintes procedimentos a serem seguidos na elaboração e implementação de um sistema de aproveitamento da água pluvial:

- Dimensionamento do sistema: realizar os cálculos para averiguar a capacidade do sistema ideal, levando em consideração a precipitação da área, cobertura de captação, localização do reservatório, entre outros;
- Modelo do sistema: definição do modelo do sistema de aproveitamento, que pode ser realizado de diversas maneiras, dependendo do projeto, podendo variar de simulações simples, até mais complexas que podem estimar diversos cenários;
- Fornecimento de componentes: conforme é verificado com o dimensionamento e na clara definição dos objetivos e características do sistema, se determina os componentes e ferramentas necessários para implementação do mesmo. Assim, se estabelece os equipamentos e ferramentas do sistema, envolvendo tipos de cisternas, filtros, entre outros;
- Instalação do sistema: após realizado todo o projeto, envolvendo o dimensionamento e determinações necessárias, se realizada de fato a implementação, com a instalação do mesmo.

É válido ressaltar que o tamanho do reservatório a ser utilizado, também deve ser calculado levando em consideração alguns fatores como: a previsão de consumo, a superfície de captação e o período máximo de estiagem previsto para a região se ocorrer períodos de escassez.

Por fim, em muitos casos, o sistema de aproveitamento de água pluvial implementado em edificações atua como um mecanismo que é viável socialmente e economicamente, em regiões com os mais diversos microclimas e dinâmica pluviométrica. Assim, o seu correto

planejamento, considerando todas as peculiaridades e procedimentos, consiste no principal fator para a viabilidade técnica.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho está dividida em seis blocos, onde foram explicados cada etapa do trabalho.

O primeiro bloco consiste na apresentação da área de estudo, bem como na explicação referente a obtenção dos dados, para realizar o dimensionamento e as simulações do sistema de aproveitamento de água pluvial.

O segundo bloco corresponde a apresentação das normas e legislação que foram utilizadas no dimensionamento do sistema.

O terceiro bloco se refere as considerações realizadas no dimensionamento do sistema, mostrando as equação, tabelas e ábacos utilizados.

O quarto bloco explica como foram obtidos os dados de demanda da água na área em estudo, envolvendo as considerações que foram realizadas.

O quinto bloco corresponde ao dimensionamento dos reservatórios, explicando os modelos utilizados no cálculo.

O sexto bloco se refere ao potencial econômico que pode ser obtido com a implementação do sistema, explicando como foram executadas as simulações com base no *software* Netuno.

### 4.1 Área de estudo e obtenção de dados

A área em estudo consiste na Universidade Federal de Sergipe, especificamente o campus de São Cristóvão, denominado de Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos. O local possui aproximadamente 63,6 hectares de área, sendo dividido entre didáticas, departamentos, centros, biblioteca, restaurante universitário, entre outros, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 – Localização da Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão/SE.



Fonte: *Google earth*.

Dentre as didáticas, que são prédios destinados a salas de aulas e auditórios, existe as didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. As mesmas possuem salas de aulas, além de auditórios, laboratórios, salas destinadas a serviços administrativos, entre outros. A Figura 9 mostra a localização dessas áreas dentro do campus.

Ressalta-se que ainda há a didática 7 na Universidade Federal de Sergipe, a mesma foi inaugurada em 2018 e também funciona como uma edificação destinada a salas de aulas de alguns cursos de pós-graduação e graduação em música, assim, não é frequentada pela grande maioria dos discentes de graduação. Por ser um prédio novo, com 6 pavimentos, o local possui instalações mais modernas do que os demais e, dispõe de um sistema de aproveitamento de água pluvial. Diante destas considerações, este trabalho foi voltado para o dimensionamento do referido sistema para as demais didáticas.

Inicialmente, para o dimensionamento e estudo do aproveitamento de água da chuva, foram realizadas visitas nas didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, com o objetivo de observar as instalações prediais.

Além disso, foram obtidas as plantas desses prédios com a Prefeitura da UFS, na Divisão de Projetos (DIPRO/UFS), para averiguar a área de cobertura dos mesmos, para realizar o cálculo da área de captação de água da chuva.

Figura 9 – Localização das didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.



Fonte: *Google earth.*

#### **4.2 Normas e legislação aplicadas ao dimensionamento do sistema**

Este trabalho buscou dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial, que consiste na captação da água da chuva para posterior uso em fins menos nobres, e teve por base as seguintes normas da ABNT:

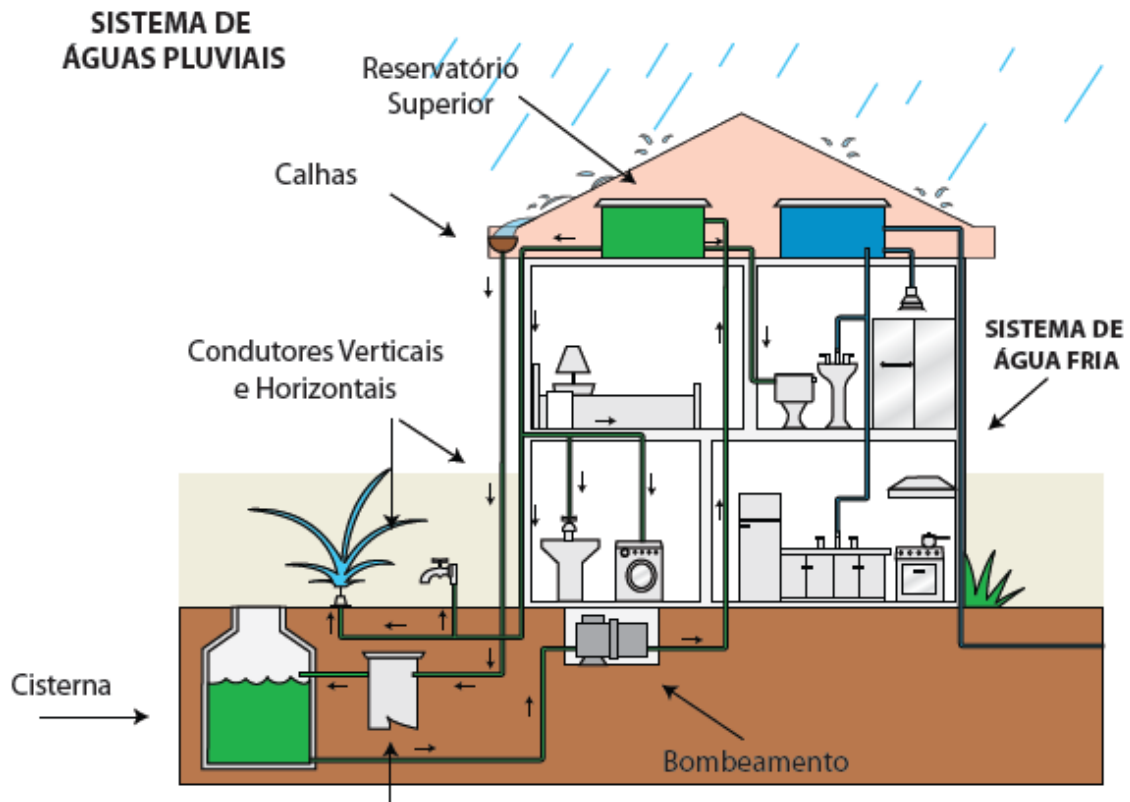
- NBR 10844:1989 - ‘Instalações prediais de águas pluviais’, objetiva fixar as exigências e os critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais aplicadas em coberturas e demais áreas associadas ao edifício, tais como terraços, pátios, quintais e similares.
- NBR 15527:2007 - ‘Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos’, aborda as premissas para o aproveitamento das águas pluviais em usos não potáveis como, por exemplo, descargas de vasos sanitários, irrigação de gramados, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios.

Ressalta-se que neste trabalho, o sistema será dimensionado para captar água pluvial a partir das coberturas das didáticas.

### 4.3 Considerações acerca do dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial

Os componentes e equipamentos a serem dimensionados para compor um sistema de água pluvial estão contidos na Figura 10.

Figura 10 – Componentes e equipamento de sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: avantengenharia.

De maneira geral, deve dimensionar os seguintes componentes que compõem o sistema:

- Vazão de projeto;
- Calha;
- Condutor vertical;
- Condutor horizontal;
- Reservatórios.



Nesse sentido, de forma inicial deve-se conhecer a vazão de projeto que as superfícies dos telhados das edificações irão captar e direcionar esta água captada, para a calha. Assim, para obter esta vazão, de acordo com a NBR 10844:1989, deve-se adotar fórmula da equação 1, que mostra a vazão obtida a partir do Modelo Racional, dada a sua simplicidade.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão do projeto (L/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m<sup>2</sup>)

C = coeficiente de escoamento

A intensidade pluviométrica (I) pode ser obtida com a equação 2, e o coeficiente de escoamento pode ser verificado com base na Tabela 2.

$$I = \frac{K \times Tr^a}{(td + b)^c} \quad (2)$$

Onde:

- a, b, c e K - são parâmetros característicos da área, definidos a partir de pesquisas no local com modelagens;
- I – Intensidade pluviométrica (mm/h);
- Tr – tempo de recorrência ou retorno (anos);
- td- tempo de duração da chuva (min).

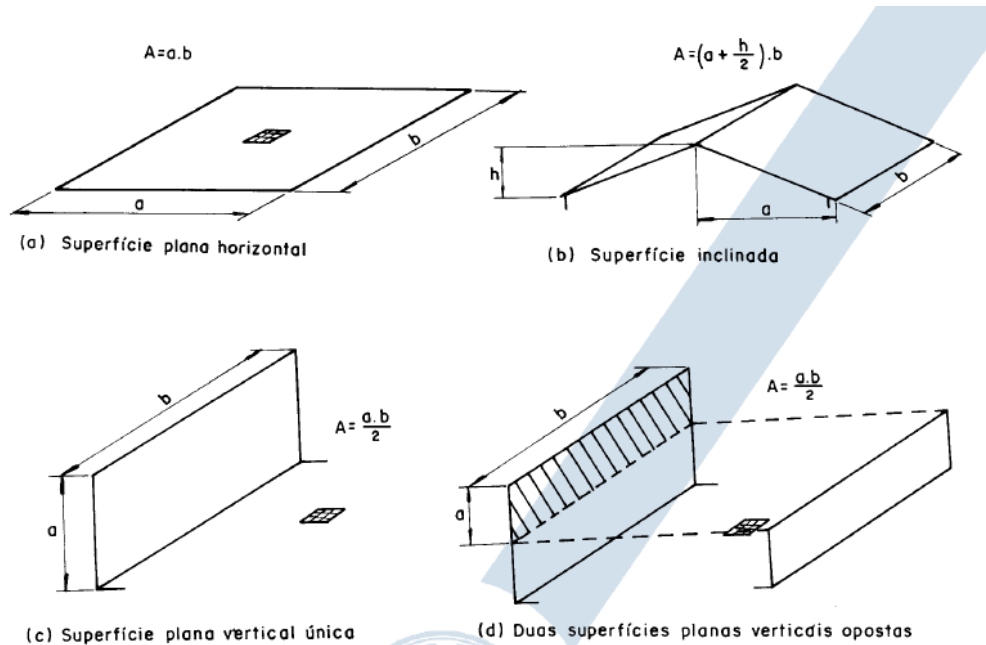
Tabela 2 – Coeficiente de escoamento (runoff) para determinadas superfícies.

Material	Coeficiente de <i>runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95

Fonte: TOMAZ, 2007.

Para adquirir a vazão de projeto, é primordial conhecer a área de contribuição da seção molhada da cobertura da edificação, que irá depender do tipo de decaimento do telhado, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 – Cálculo das áreas de contribuição para captação da água pluvial.



Fonte: NBR 10844:1989.

Para as calhas, a Figura 12, ilustra alguns tipos de calhas que podem ser utilizadas, podendo ser de PVC, concreto, ou outro material. Para dimensionamento das mesmas, se deve atentar para a NBR 10844/89, que adota a fórmula de Manning (equação 3).

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R h^{2/3} \times I^{1/2} \times 60000 \quad (3)$$

Onde:

$Q$  = vazão do projeto (L/min);

$A$  = área da seção molhada ( $m^2$ );

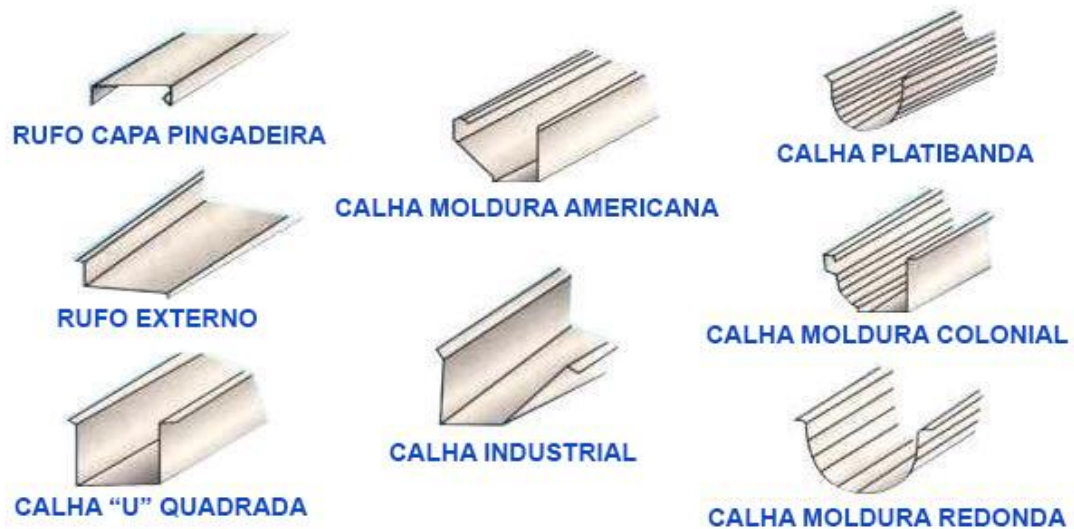
$P$  = perímetro molhado (m);

$RH = A/P$  = raio hidráulico (m);

$n$  = coeficiente de rugosidade de Manning (Tabelado);

$S$  = declividade (m/m).

Figura 12 – Exemplos de calhas.

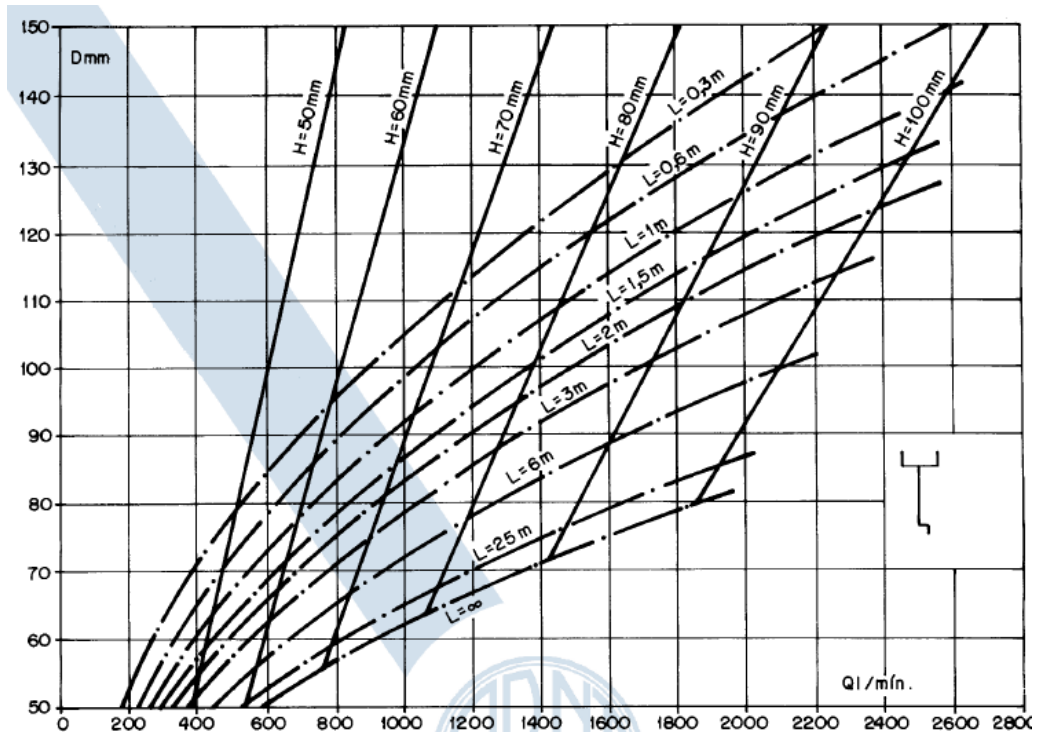


Fonte: jjcalhas.

Na sequência, foi realizado o dimensionamento dos condutores verticais. O diâmetro interno mínimo destes condutores de seção circular, deve ser de 70mm. A NBR 10844:1989 também determina que a drenagem deva ser feita por mais de uma saída, com a exceção de casos, onde não houver riscos de obstrução.

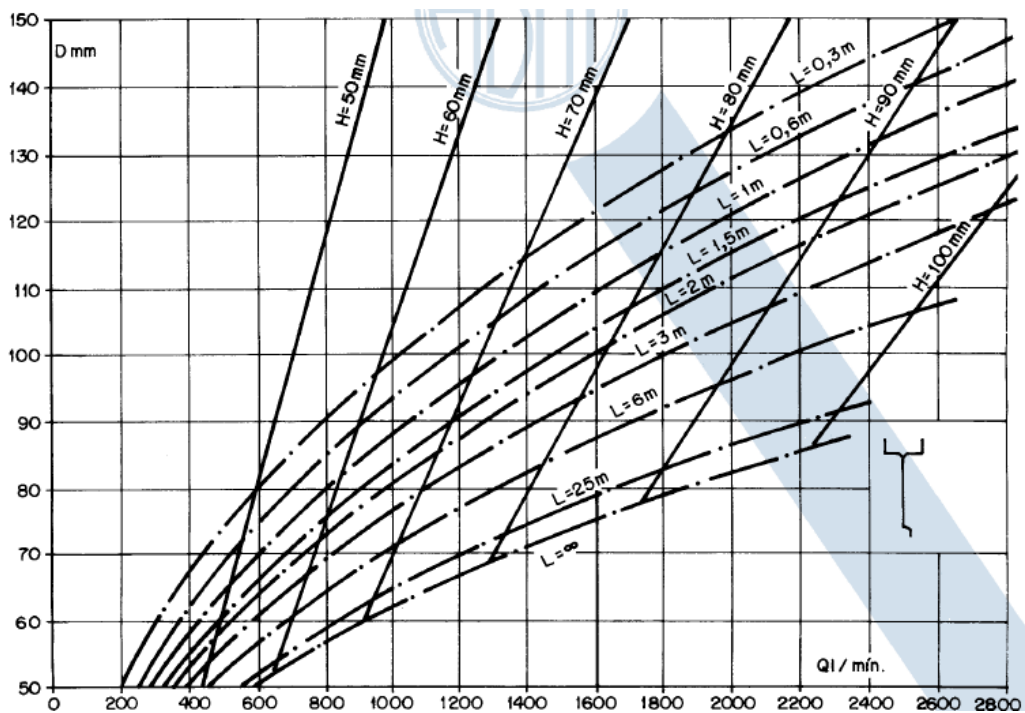
A referida norma dispõe de ábacos, que são utilizados conforme é o formato de conexão entre a calha e o condutor vertical. Esses formatos podem ser de dois tipos: aresta viva ou como uma existência de um funil na saída (Figuras 13 e 14). A partir disso, sabendo esse tipo de formato, analisa-se no ábaco correto, a relação entre vazão de projeto, comprimento e altura dos condutores para definir o diâmetro. Neste trabalho foi usado o ábaco de aresta viva.

Figura 13 – Calha com aresta viva.



Fonte: NBR 10844:1989.

Figura 14 – Calha com funil de saída.



Fonte: NBR 10844:1989.

Por conseguinte, para transportar as águas dos condutores verticais para os reservatórios, há os condutores horizontais. Os mesmos são dimensionados para lâmina de água máxima de  $2/3$  do seu diâmetro, ou seja,  $0,67D$ , levando em consideração o coeficiente de manning do material, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de manning de acordo com o material.

Material	Coeficiente de manning (n)
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: NBR 10844:1989.

A ABNT NBR 10.844/89 dispõe uma tabela, para obtenção do diâmetro do condutor horizontal de seção circular, com altura de  $2/3$  de lâmina de água. Esse diâmetro é obtido levando em consideração a vazão de projeto, o coeficiente de manning do material e a declividade, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	<b>150</b>	602	<b>847</b>	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	<b>200</b>	1.300	<b>1.820</b>	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844:1989.

Após a passagem da água nos condutores, a mesma deve ser conduzida ao reservatório de armazenamento, que é definido como o componente mais caro do sistema de aproveitamento de água pluvial. Nesse sentido, o dimensionamento do mesmo deve ser realizado com bastante cautela.

#### 4.4 Análise da demanda de água nas didáticas

Inicialmente, foi definida a demanda de água per capita por habitante nas didáticas da UFS. Por se tratar de uma instituição de ensino, onde há grande frequência de alunos por período (matutino, vespertino, noturno), foi estabelecida a demanda per capita de 50 L/dia por pessoa, conforme define a Prefeitura de Florianópolis (2016) e Creder (2006).

Foi adotado esse valor como demanda per capita também em razão da Organização Mundial de Saúde (OMS), que atesta que é necessário entre 50 a 100 litros de água por pessoa, por dia, para assegurar a satisfação das necessidades mais básicas e a minimização dos problemas de saúde. (OHCHR; UN-HABITAT; WHO, 2010).

De acordo com Gleick (1999), 50 L/hab.dia também consiste na quantidade mínima no que tange o consumo de água. Este valor foi adotado pelo autor com base no seu estudo, onde foi feito um levantamento acerca da quantidade de água utilizada em atividades diárias.

Em razão dos referidos autores adotarem a demanda per capita mínima de 50 L/hab.dia, bem como também ser considerado para instituições de ensino este mesmo valor, foi decidido adotar neste trabalho, o mesmo valor. Esta decisão foi tomada com base no entendimento que os alunos e funcionários que frequentam a UFS, realizam atividades no local que não demandam tanta quantidade de água, haja vista que os mesmos não são tratados como moradores, mas sim como pessoas que frequentam a universidade diariamente, em um intervalo de tempo.

Assim, com base nessas considerações e adotado um valor per capita de consumo de água, posteriormente, foi definida a demanda total de água nas didáticas. Para proceder o dimensionamento, tornou-se necessário saber a quantidade de pessoas que utilizam os espaços das mesmas diariamente. Assim, em cada didática foi realizado um levantamento da quantidade pessoas que a frequentam diariamente, dentre estudantes, professores e funcionários.

Foi realizado um levantamento com base na plataforma do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas – SIGAA, que consiste na plataforma oficial utilizada pela UFS, para contabilizar a quantidade de alunos matriculados em cada sala de aula das didáticas nos últimos 4 semestres.

Convém salientar que o SIGAA registra a quantidade de alunos matriculados em cada didática por semestre, bem como os dias de aula das disciplinas, foi possível contabilizar a quantidade de alunos por dia nas didáticas nos últimos 4 semestres e, foi obtida uma média

Todas as didáticas são utilizadas basicamente para salas de aulas, dentre os diversos cursos de graduação presentes na UFS, há salas de desenho técnico, laboratórios de informática, salas auditórios, dentre outros. Apenas a Didática 2 possui sala destinadas a trabalhos administrativos, como secretarias e salas de chefias de programas de pós-graduação, neste caso, foi feito um levantamento *in loco* para saber a quantidade de pessoas que frequentam o ambiente.

Para este estudo, o levantamento da quantidade populacional foi levado em consideração os alunos de graduação e os funcionários das didáticas como consumidores de água para as didáticas. Em relação aos alunos de pós-graduação e professores, os mesmos possuem gabinetes, salas de estudos, usufruem de laboratórios e salas de pesquisas em outros locais, como os prédios departamentais e multi departamentais da universidade.

Sendo assim, foi considerado que apenas os alunos de graduação e os funcionários, são habitantes no dimensionamento da demanda de água para as didáticas, sendo que para averiguar a demanda voltando os professores e alunos de pós-graduação, sugere-se realizar uma pesquisa acerca da demanda de água nos prédios departamentais da cidade universitária.

Portanto, conhecida a demanda per capita do ambiente e a quantidade de pessoas que o frequentam diariamente, foi possível estimar a demanda de água total em cada didática, multiplicando estes dois dados, com base na equação 4.

$$\text{Demanda total de água} = \text{per capita} \times n^{\circ} \text{ de habitantes} \quad (4)$$

#### 4.5 Dimensionamento do reservatório

O reservatório, conforme já foi explicado consiste no componente mais importante do sistema de aproveitamento de água pluvial. Nesse contexto, a capacidade de armazenamento do referido reservatório vai ter total influencia no custo e, consequentemente na eficiência do sistema. Os principais fatores que podem ser considerados no dimensionamento do volume são:

- A superfície da área de contribuição;
- O coeficiente de escoamento;
- A precipitação da localidade;
- A demanda de água não potável;
- Período de estiagem.

Para realizar o dimensionamento do reservatório, é necessário consultar NBR 15527:2007, que apresenta os métodos para estimar o volume do mesmo, referente ao sistema de aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para usos não potáveis. Estes métodos são: Rippl, Empírico brasileiro ou método de Azevedo Neto, Empírico alemão, Empírico inglês, Prático australiano e Simulações. Para este trabalho, o reservatório foi dimensionado com base nos três métodos empíricos.

#### Método empírico brasileiro ou método de Azevedo Neto

Este modelo leva em consideração a precipitação da localidade e o período de estiagem. Assim, o volume do reservatório é calculado na equação 5.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (5)$$

Onde:

P = precipitação média anual, em mm;

T = número de meses de pouca chuva ou seca;

A = área de captação, em m<sup>2</sup>;

V = volume do reservatório, em litros.



### **Método empírico inglês**

Neste modelo, se leva em consideração a precipitação e a área de contribuição do tralhado, não é influenciado pela demanda e nem pela estiagem. Assim, o volume é obtido pela equação 6.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (6)$$

Onde:

P = precipitação média anual, em mm;

A = área de captação, em m<sup>2</sup>;

V = volume do reservatório, em litros

### **Método empírico alemão**

Neste modelo, se projeta o reservatório como 6% volume de consumo anual ou do volume anual de precipitação captada, devendo sempre adotar o menor valor entre os dois. Não se leva em consideração a precipitação. Assim, o volume é calculado com base na equação 7.

$$V = \min(Vc; D) \times 0,06 \quad (7)$$

Onde:

Vc = volume anual de água de chuva captada, em litros;

D = demanda anual da água não potável, em litros;

V = volume do reservatório, em litros.

## **4.6 Potencial econômico com a utilização do *software* Netuno**

Para analisar o potencial econômico de redução do consumo de água das fontes de abastecimento, com a implementação do sistema de aproveitamento de água de pluvial nas didáticas da UFS, foi utilizado o *software* Netuno.

O referido *software* consiste em um programa computacional desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina

(LabEEEE/UFSC, 2015) por Ghisi e Três (2004), tendo como finalidade, a estimativa do potencial de economia de água potável em função da capacidade de armazenamento de água do reservatório, por meio de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não nobres, como descarga de vasos sanitários, limpeza de pisos, lavagens de carros, entre outros.

De acordo com Ghisi e Cordova (2014), de forma geral, a metodologia do programa basicamente tem como base um histórico comportamental já conhecido, de determinados dados. Com isso, os seguintes dados de entrada devem ser fornecidos:

- Dados de precipitação diários para realizar as simulações;
- Descarte de escoamento inicial (água da chuva que “lava a cobertura” e é descartada);
- Demanda de água;
- Número de habitantes da edificação;
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Tarifa de água local.

Os dados referentes a precipitação diária foram obtidos no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da EMBRAPA, que consiste em um sistema de monitoramento climatológico e meteorológico, que dispõe de boletins e mapas com informações acerca da precipitação acumulada, temperaturas, tratamentos fitossanitários, necessidade de irrigação, em todos os biomas brasileiros.

Para este trabalho, foram obtidos os dados de precipitação diária entre janeiro de 2009, até dezembro de 2018, totalizando assim, 10 anos de análise das precipitações diárias para inserir como dado de entrada no Netuno.

Estes dados de precipitação são referentes a estação pluviométrica São Cristóvão - TRMM.4857, localizada no município de São Cristóvão, sob as coordenadas geográficas 11°0'0"S 37°15'0"W.

De acordo com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico da Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária coordenado por Gonçalves (2009), aproximadamente 40% do total de água consumida é utilizada para objetivos não potáveis. Assim, neste trabalho se definiu que 40% da água consumida nas didáticas, pode ser substituída pela água pluvial, para usos não nobres.

A Tarifa de água no local foi obtida de acordo com Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), que no quadro tarifário de 2019, o ultimo lançado, atribuí a seguinte tarifa para instituições públicas:

- Até 10 m<sup>3</sup>: R\$ 166,07
- Mais de 10 m<sup>3</sup>: R\$ 25,38 / m<sup>3</sup>

A taxa de esgoto de acordo com o quadro tarifário, consiste em 80% do valor da conta de água. A partir destas considerações, foi possível executar e aplicar no Netuno as simulações para averiguar o potencial econômico para reduzir o consumo de água potável, alinhado ao aproveitamento de água pluvial.

Para averiguar o custo da instalação dos reservatórios que armazenarão a água pluvial, bem como a mão de obra para construção e equipamentos, foi utilizado o *software* ORSE – Orçamento de Obras de Sergipe.

O ORSE consiste em um *software* com pode ser utilizado com gratuidade, desenvolvido pela CEHOP – Companhia Estadual de Habilitação e Obras Públicas de Sergipe, configurando como o maior *software* de orçamento de obras no estado. O mesmo possui um banco de dados que é composto por diversos insumos, serviços e composições atualizados de forma mensal pela CEHOP, possibilitando a realização de diferentes orçamentos para obras. (CEHOP, 2019).

Dessa forma, a partir do custo de instalação dos reservatórios obtido com o ORSE e, com o potencial econômico que a implementação do sistema possivelmente proporcionará para a universidade, foi possível averiguar em quanto tempo essa economia irá suprir os custos com a instalação dos reservatórios.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial para a UFS**

Na Universidade Federal de Sergipe, no campus em São Cristóvão, denominado de Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, existem as didáticas, que consistem em prédios, onde há salas de aulas, auditórios, salas administrativas, entre outras funções. Assim, existem as seguintes didáticas com as suas respectivas funções:

- Didática 1 – Possui salas de aulas e 1 auditório;
- Didática 2 – Destinada aos cursos de educação a distância, possui salas de aulas e salas administrativas;
- Didática 3 – Possui salas de aula e salas de desenho;
- Didática 4 – Possui salas de aula;
- Didática 5 – Possui auditório e salas de aulas;
- Didática 6 - Possui auditório e salas de aulas.

Percebe-se que todos esses prédios são utilizados pela comunidade acadêmica da UFS, envolvendo todos os cursos. Com isso, entende-se que as didáticas estão dispostas para ser utilizadas por todos os discentes e funcionários para eventos acadêmico e aulas de disciplinas.

#### **5.1.1 VAZÃO DE PROJETO**

Para dimensionar a vazão de projeto do sistema foi constatada a área de contribuição de todas as didáticas, envolvendo o seu decaimento. Ressalta-se que a área de contribuição consiste na área de seção molhada definida para NBR 10844:1989, que leva em consideração o decaimento e altura do telhado. A partir disso, as didáticas possuem as seguintes áreas de contribuição:

- Didática 1 – possui dois decaimentos iguais colocados. Assim, têm 2 áreas de coberturas iguais;
- Didática 2 – possui dois decaimentos iguais colados. Assim, têm 2 áreas de coberturas iguais;
- Didática 3 – possui dois decaimentos iguais colados. Assim, têm 2 áreas de coberturas iguais;
- Didática 4 – possui dois decaimentos iguais colados. Assim, têm 2 áreas de coberturas iguais;

- Didática 5 – possui dois blocos (edificações separadas) com áreas iguais, com um decaimento cada. Assim, têm 2 áreas de coberturas iguais;
- Didática 6 – possui dois blocos (edificações separadas) com áreas iguais, com um decaimento cada. Assim, têm 2 áreas de coberturas iguais;

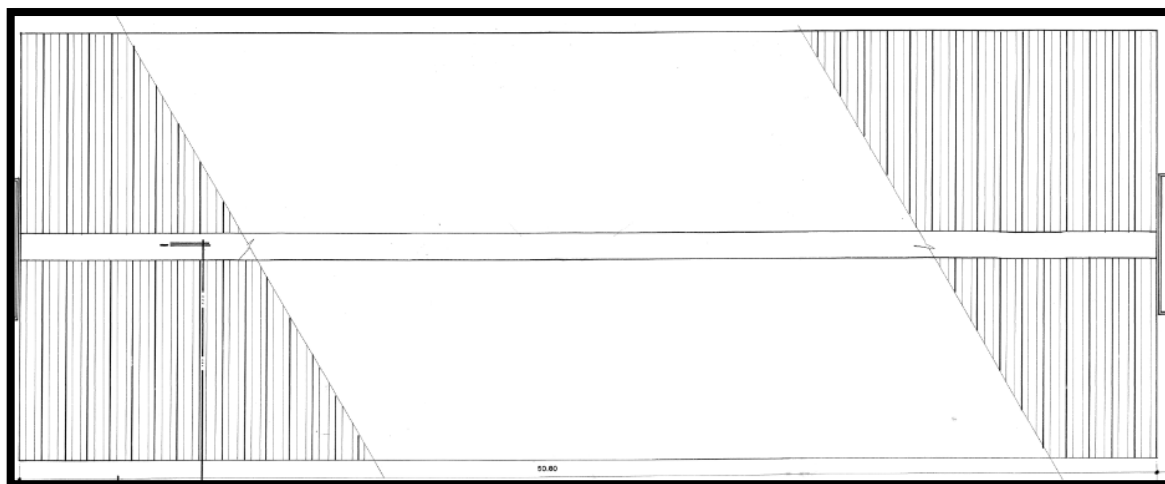
Com essa divisão dos decaimentos em cada didática foi possível conhecer a área real de cada cobertura, bem como a área de contribuição para a vazão de projeto. As Tabelas 5 a 7 mostram as áreas reais, as larguras e comprimentos das coberturas que compõem das didáticas, além da altura da cumeeira, que consiste no ponto mais alto do telhado, ou seja, sua altura, considerando que todos possuem 10% de inclinação. As coberturas, em todos os casos são constituídas de telha de fibrocimento e as medidas foram obtidas com a divisão de projetos (DIPRO) da Universidade Federal de Sergipe.

Nas didáticas 5 e 6, os blocos de aulas são separados e no centro dessas didáticas há um auditório em cada. Ressalta-se que para o dimensionamento, foram considerados apenas os blocos de salas de aula, em razão da sua maior área e logística para localização dos reservatórios e dos condutos. As Figuras 15 a 20 mostram em planta a configuração das coberturas das didáticas.

Salienta-se que a cobertura da didática 4 apresenta um reservatório que está exposto, com isso, a área de contribuição com as telhas de fibrocimento está reduzida devido à presença do mesmo. A planta de cobertura da didática 4 obtida na DIPRO/UFS, é do ano de 1999 e a configuração da mesma em comparação com a atualidade não é mesma. A localização do reservatório pela planta de 1999 é no canto superior esquerdo, entretanto, atualmente, o reservatório está situado no centro da didática.

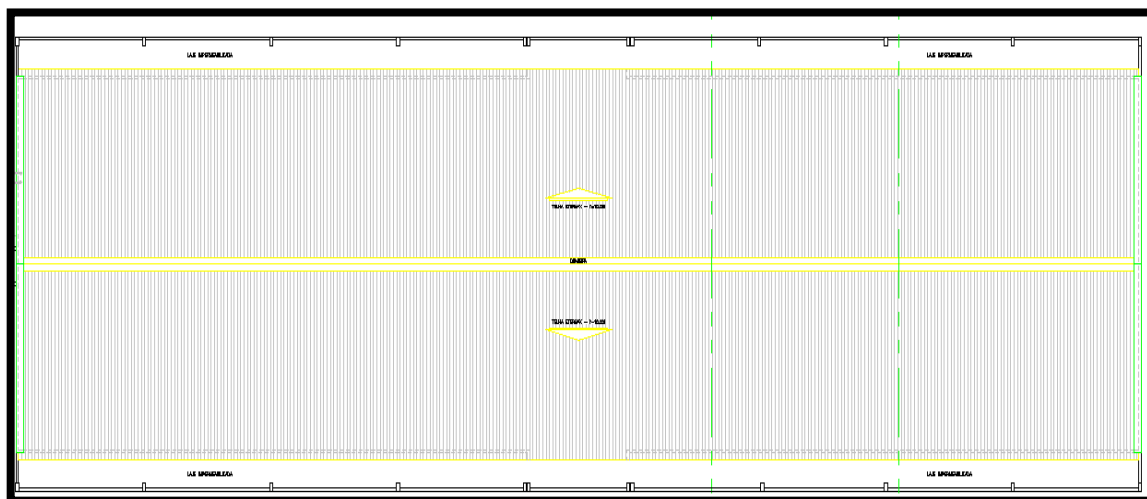
Em razão dessa discrepância entre as plantas, optou-se por ir *in loco* com o auxílio das informações da DIPRO/UFS, realizar a medição do reservatório que está na cobertura da edificação e, assim, conhecer a real área do telhado, desconsiderando a parte central da didática 4, onde há um reservatório de água. Portanto, as áreas da cobertura foram divididas em: decaimento 1 – área A + área B; decaimento 2 – área C + área D. Adotou-se essa configuração, pois foi projetada uma calha continua para escoar a água de todo o decaimento 1 e outra calha para escoar totalmente a água do decaimento 2.

Figura 15 – Cobertura da didática 1.



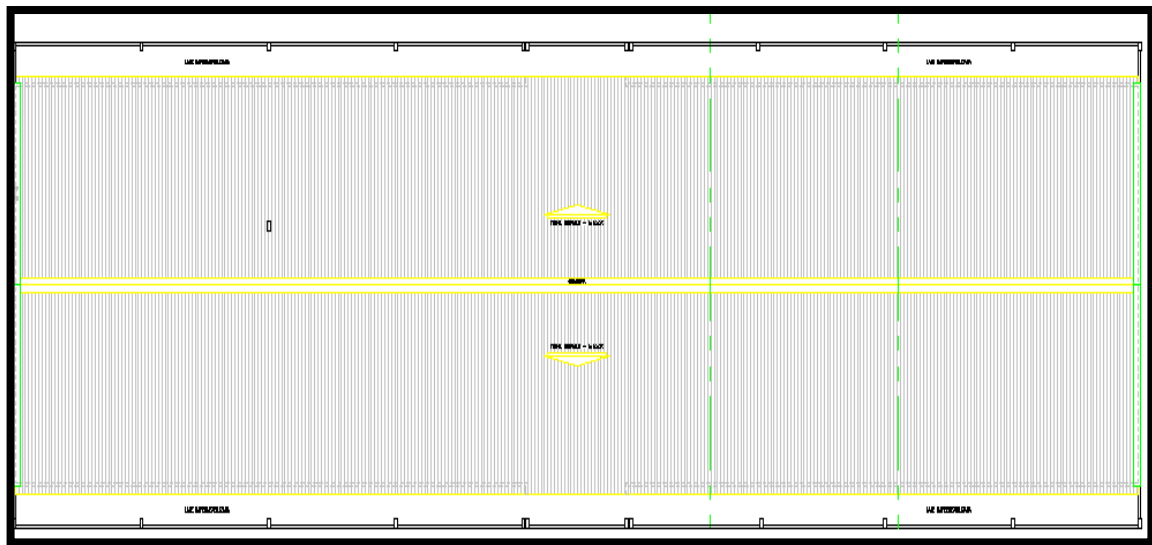
Fonte: DIPRO/UFS

Figura 16 – Cobertura da didática 2.



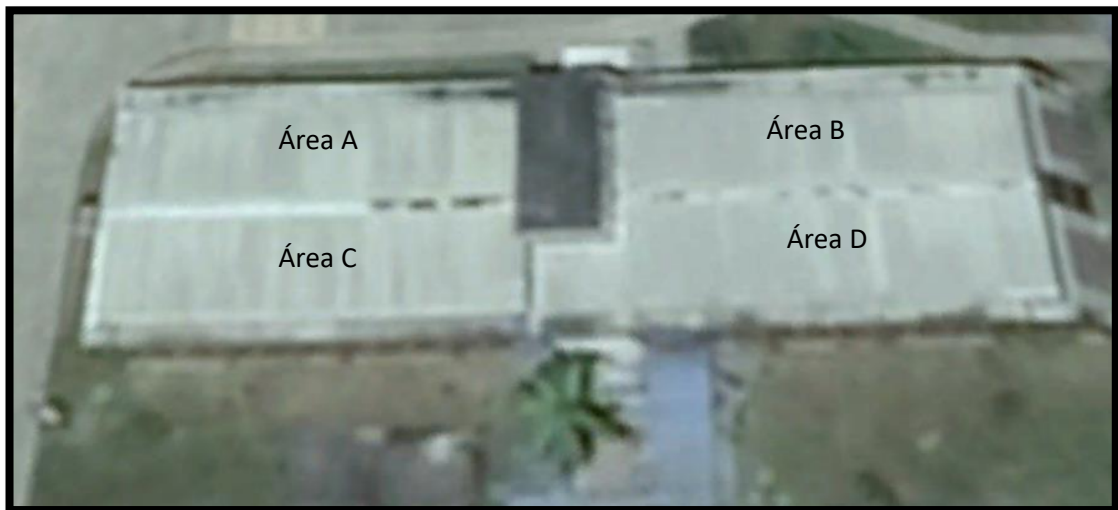
Fonte: DIPRO/UFS

Figura 17 – cobertura da didática 3.



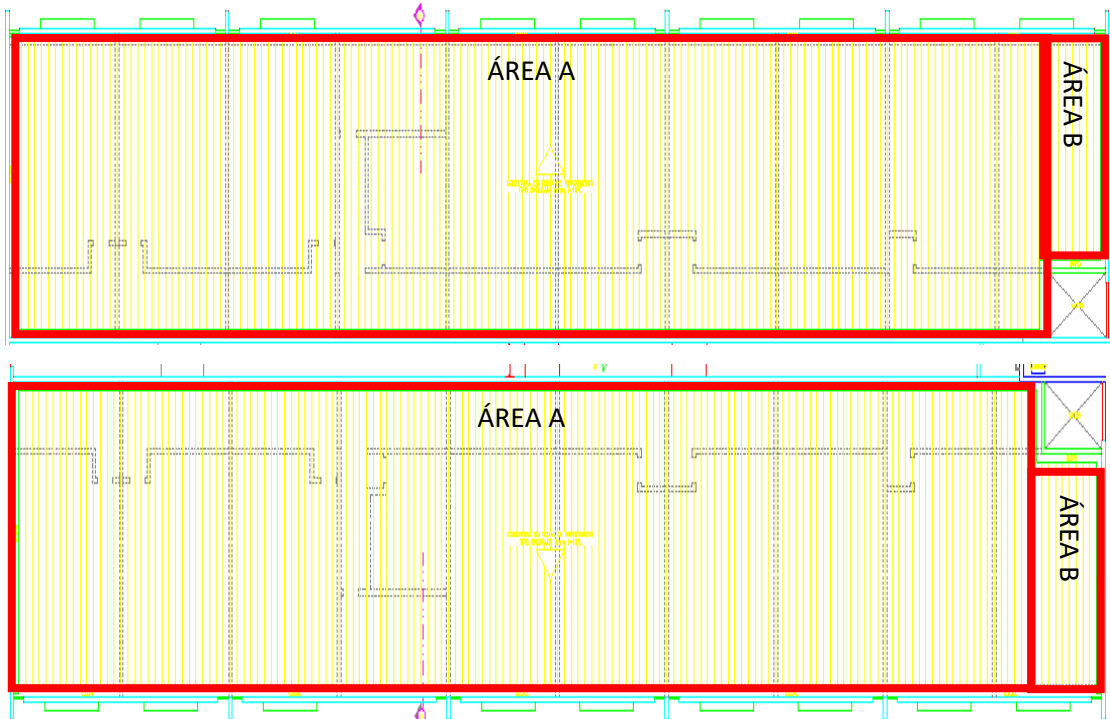
Fonte: DIPRO/UFS

Figura 18 – cobertura da didática 4.



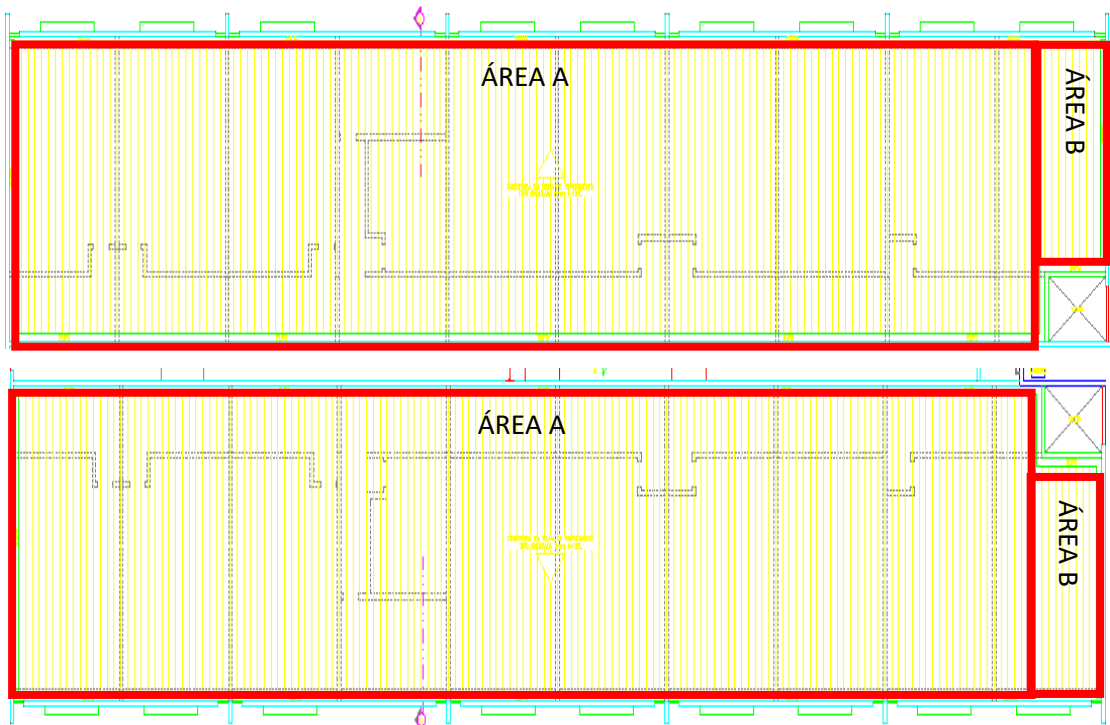
Fonte: Google Earth.

Figura 19 – cobertura dos blocos de aulas da didática 5.



Fonte: DIPRO/UFS

Figura 20 – cobertura dos blocos de aulas da didática 6.



Fonte: DIPRO/UFS



Tabela 5 – Áreas e medidas reais das didáticas 1, 2 e 3.

Bloco/edificação	Área real (m <sup>2</sup> )	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura da cumeeira (m)
Didática 1 – decaimento 1	447,04	8,8	50,8	0,88
Didática 1 – decaimento 2	447,04	8,8	50,8	0,88
Didática 2 – decaimento 1	575,34	8,6	66,9	0,86
Didática 2 – decaimento 2	575,34	8,6	66,9	0,86
Didática 3 – decaimento 1	575,34	8,6	66,9	0,86
Didática 3 – decaimento 2	575,34	8,6	66,9	0,86

Fonte: o autor (2019).

Tabela 6 – Área e medidas reais da didática 4.

Bloco/edificação	Área real (m <sup>2</sup> )	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura da cumeeira (m)
Didática 4 – decaimento 1, área A + área B	527,18	8,6	30,65 + 30,65 = 61,3	0,86
Didática 4 – decaimento 2, área C + área D	527,18	8,6	30,65 + 30,65 = 61,3	0,86

Fonte: o autor (2019).

Tabela 7 – Áreas e medidas reais das didáticas 5 e 6.

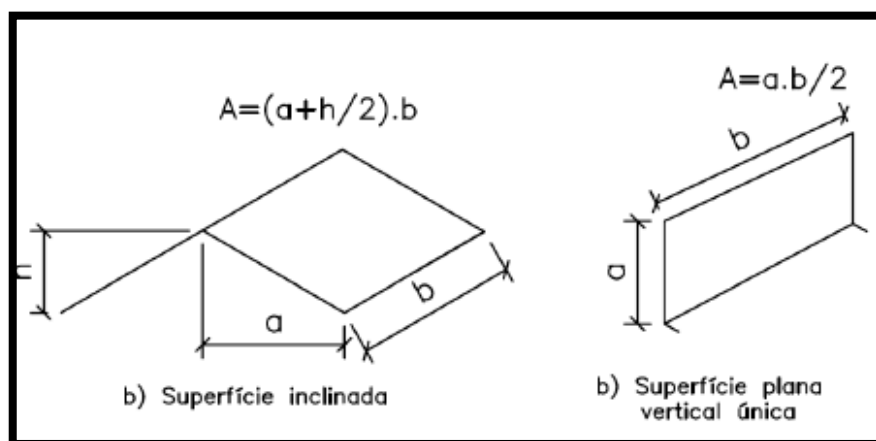
Bloco/edificação	Área real (m <sup>2</sup> )	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura da cumeeira (m)
Didática 5 – bloco 1 parte A	628,88	10,40	59,70	1,04
Didática 5 – bloco 1 parte B	27,65	7,90	3,50	0,79
Didática 5 – bloco 2 parte A	628,88	10,40	59,70	1,04
Didática 5 – bloco 2 parte B	27,65	7,90	3,50	0,79
Didática 6 – bloco 1 parte A	628,88	10,40	59,70	1,04
Didática 6 – bloco 1 parte B	27,65	7,90	3,50	0,79
Didática 6 – bloco 2 parte A	628,88	10,40	59,70	1,04
Didática 6 – bloco 2 parte B	27,65	7,90	3,50	0,79

Fonte: o autor (2019).

Como é possível visualizar, nas Tabelas 05 a 07, as coberturas das didáticas 5 e 6, com  $1.313,06 \text{ m}^2$  em cada didática, possuem área maior do que as demais, sendo 12,37% maior do que a segunda maior cobertura, que é a cobertura das didáticas 2 e 3, que possuem a mesma área, sendo  $1.150,68 \text{ m}^2$  cada. Já a didática 1, possui a menor cobertura em comparação as outras didáticas, com  $894,08 \text{ m}^2$ , sendo 17,93% menor do que a didática 4, que possui a segunda menor cobertura, com  $1.054,36 \text{ m}^2$ .

Dessa forma, sabendo como é a configuração de cada cobertura, seus decaimentos e altura, foi possível conhecer a área de contribuição com a fórmula da NBR 10.844:1989. É válido frisar que todas as coberturas foram divididas conforme um decaimento apenas, usando assim a fórmula mostrada a esquerda na Figura 21.

Figura 21 – Área de contribuição da cobertura.



Fonte: NBR 10.844:1989.

Considerando a altura das coberturas, bem como os respectivos lados a e b, se obteve todas as áreas de contribuição, conforme consta na Tabela 8. Além disso, para o cálculo da vazão de projeto, é preciso adotar um coeficiente de escoamento para telha de cimento amianto (Tabela 2), que varia de 0,80 a 0,90, sendo adotado o ponto médio  $C = 0,85$ , para todas as didáticas.

Tabela 8 – Área de contribuição de cada cobertura.

Bloco/edificação	Área de contribuição ( $\text{m}^2$ )
Didática 1 – decaimento 1	245,87
Didática 1 – decaimento 2	245,87
Didática 2 – decaimento 1	316,44

Bloco/edificação	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )
Didática 2 – decaimento 2	316,44
Didática 3 – decaimento 1	316,44
Didática 3 – decaimento 2	316,44
Didática 4 – decaimento 1	289,95
Didática 4 – decaimento 2	289,95
Didática 5 – bloco 1	$341,48 + 15,21 = 356,69$
Didática 5 – bloco 2	$341,48 + 15,21 = 356,69$
Didática 6 – bloco 1	$341,48 + 15,21 = 356,69$
Didática 6 – bloco 2	$341,48 + 15,21 = 356,69$

Fonte: o autor (2019).

A partir das orientações contidas na norma NBR 10.844:1989, as vazões de projeto foram obtidas por meio da equação 1, exposta no capítulo 4.3 deste trabalho. O coeficiente de escoamento adotado foi 0,85, como foi explicado com a Tabela 02 do capítulo 4.3.

Para obter essa vazão, é necessário além da área de contribuição de cada cobertura, verificar intensidade pluviométrica (I), que é calculada com base na equação 2 do capítulo 4.3. Assim, foi necessário o conhecimento dos parâmetros da equação de intensidade pluviométrica. Considerando um  $T_r = 5$  anos para coberturas e terraços e,  $t = 5$  min, comuns em obras de aproveitamento de água pluvial, segundo a NBR 10.844:1989, os demais parâmetros da equação foram obtidos conforme trabalho de Aragão *et al.*, (2013), como mostra a Figura 22, os coeficientes da equação de intensidade pluviométrica para a cidade de São Cristóvão/SE.

Figura 22 – Coeficientes da equação de intensidade pluviométrica.

Posto	Distribuição	Parâmetros da equação IDF				EPE	R²
		K	a	b	c		
Riachuelo	Weibull	944,20	0,110	10,52	0,753	1,426	0,998
	Gumbel	928,89	0,129	10,52	0,753	1,482	
Ribeirópolis	Weibull	1080,50	0,061	10,52	0,753	1,417	0,997
	Gumbel	1000,23	0,113	10,52	0,753	1,525	
Salgado	Weibull	1053,30	0,173	10,52	0,753	1,915	0,997
	Gumbel	1074,77	0,181	10,52	0,753	2,000	
Samanbaia	Weibull	821,80	0,097	10,52	0,753	1,194	0,999
	Gumbel	813,96	0,110	10,52	0,753	1,231	
Sta Luzia do Itanhhy	Weibull	1047,30	0,089	10,52	0,753	1,491	0,998
	Gumbel	995,89	0,126	10,52	0,753	1,574	
Sta Rosa de Lima	Weibull	1022,90	0,088	10,52	0,753	1,450	0,998
	Gumbel	980,31	0,119	10,52	0,753	1,522	
Santo Amaro das Brotas	Weibull	1259,90	0,165	10,52	0,753	2,234	0,995
	Gumbel	1219,96	0,198	10,52	0,753	2,390	
São Cristóvão	Weibull	1143,70	0,187	10,52	0,753	2,166	0,996
Simão Dias	Gumbel	1167,15	0,196	10,52	0,753	2,272	0,998
	Weibull	862,50	0,117	10,52	0,753	1,330	
Siriri	Gumbel	862,95	0,128	10,52	0,753	1,375	0,998
	Gumbel	1004,28	0,161	10,52	0,753	1,758	
Tobias Barreto	Weibull	862,90	0,131	10,52	0,753	1,380	0,998
	Gumbel	872,87	0,137	10,52	0,753	1,428	
Tomar do geru	Gumbel	1253,01	0,178	10,52	0,753	2,380	0,999
	Weibull	994,50	0,088	10,52	0,753	1,409	
Umbauba	Gumbel	968,45	0,110	10,52	0,753	1,409	0,996
	Weibull	1182,90	0,117	10,52	0,753	1,821	
Usina Oiterinhos	Gumbel	1096,63	0,171	10,52	0,753	1,982	

Fonte: Aragão *et al.*, (2013).

Portanto, adotando: K = 1143,70; a = 0,187; b = 10,52; c = 0,753; td = 5 min.; Tr = 5 anos, foi possível adquirir a intensidade pluviométrica para se obter posteriormente a vazão de projeto.

$$i = \frac{1143,70 \times 5^{0,187}}{(5 + 10,52)^{0,753}}$$

$$i = 196,0099 \text{ mm/h}$$

Com a intensidade pluviométrica obtida para o projeto, bem como todas as áreas de contribuição de seção molhada e coeficiente de escoamento, foi possível, de fato, calcular a vazão de projeto de todas as coberturas selecionadas, conforma mostra a Tabela 9. Ressalta-se que as áreas de contribuição foram organizadas por decaimentos em cada didática, consequentemente, as vazões de projetos também foram organizadas da mesma forma. Foi adotada esta organização, pois a vazão coletada em toda a extensão das referidas coberturas, considerando o mesmo decaimento, serão direcionadas para a mesma calha.

Tabela 9 – Vazão de projeto envolvendo cada cobertura.

Bloco/edificação	Vazão de projeto (l/min)
Didática 1 – decaimento 1	682,73
Didática 1 – decaimento 2	682,73
Didática 2 – decaimento 1	878,69
Didática 2 – decaimento 2	878,69
Didática 3 – decaimento 1	878,69
Didática 3 – decaimento 2	878,69
Didática 4 – decaimento 1	805,13
Didática 4 – decaimento 2	805,13
Didática 5 – bloco 1	990,46
Didática 5 – bloco 2	990,46
Didática 6 – bloco 1	990,46
Didática 6 – bloco 2	990,46

Fonte: o autor (2019).

### 5.1.2 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

Para o dimensionamento das calhas foi utilizada a tabela da NBR 10.844:1989, onde na Tabela 03 no capítulo 4.3, são mostrados os valores dos coeficientes de rugosidade de cada material. Nesse caso, como já existe as possíveis calhas nas didáticas, o dimensionamento foi realizado com calha de concreto alisado, cujo  $n$  é 0,012.

O coeficiente de rugosidade ( $n$ ) é estabelecido de acordo com o material utilizado para a confecção da calha, neste caso, se adotou o concreto alisado, pois na construção das didáticas as calhas das edificações foram projetadas com este material, em formato retangular, conforme mostra a Figura 23.

Sendo assim, para este projeto, no dimensionamento das calhas são respeitados os materiais e os formatos da construção inicial das didáticas, para assim, também ser possível verificar se as calhas do local, estão dimensionadas corretamente no que tange o recebimento de águas pluviais.

Figura 23 – Exemplo de calha de concreto.



Fonte: Pinterest.

Nesta perspectiva, foi possível determinar as medidas das calhas retangulares de concreto com coeficiente de rugosidade de  $n = 0,012$ , a partir da equação de Manning, exposta na equação 3, no capítulo 4.3 deste trabalho.

Outro fator importante a ser considerado no dimensionamento, consiste na declividade em que serão colocadas as calhas. A mesma deve ser uniforme e com valor mínimo de 0,5% que corresponde a 0,005 m/m ou 1%, que corresponde a 0,01 m/m.

Assim, para uma inclinação 1% e com as vazões de projeto, deverão ser adotados as medidas contidas na Tabela 10. Conforme a norma, essas medidas foram obtidas a partir de interações realizadas com a equação de Manning, considerando a calha de concreto alisado, retangular.

A referida Tabela revela os valores da base e de altura das calhas, sendo que para todas as didáticas adotou-se a mesma base, 0,13 m, variando a altura entre 0,10 m para a didática 1, até 0,13 m para as didáticas 5 e 6.

Tabela 10 – Medidas das calhas.

Bloco/edificação	Vazão de projeto (l/min)	base (m)	altura (m)	Vazão máxima (l/min)
Didática 1 – decaimento 1	682,73	0,13	0,10	752,55
Didática 1 – decaimento 2	682,73	0,13	0,10	752,55
Didática 2 – decaimento 1	878,69	0,13	0,12	944,88
Didática 2 – decaimento 2	878,69	0,13	0,12	944,88
Didática 3 – decaimento 1	878,69	0,13	0,12	944,88
Didática 3 – decaimento 2	878,69	0,13	0,12	944,88
Didática 4 – decaimento 1	805,14	0,13	0,12	944,88
Didática 4 – decaimento 2	805,14	0,13	0,12	944,88
Didática 5 – bloco 1	990,46	0,13	0,13	1042,49
Didática 5 – bloco 2	990,46	0,13	0,13	1042,49
Didática 6 – bloco 1	990,46	0,13	0,13	1042,49
Didática 6 – bloco 2	990,46	0,13	0,13	1042,49

Fonte: o autor (2019).

### 5.1.3 CONDUTORES VERTICAIS

O conduto vertical, é responsável por realizar a ligação da calha com o condutor horizontal, o mesmo foi definido por meio do ábaco para calhas com saída em aresta viva da NBR 10.844:1989. Foi escolhida configuração em aresta viva devido a saída de água das calhas das didáticas, em alguns locais já o condutor vertical, em outros, na grande maioria, não há. Com isso, a água cai diretamente no solo, na maioria das vezes.

Para definir o tamanho dos possíveis condutores verticais, utilizou-se o ábaco de aresta viva da NBR 10.844:1989, contido na Figura 13, do capítulo 4.3. A partir da vazão de projeto (Q) obtida, traçando uma reta vertical até a interceptar as curvas da altura da lâmina d'água na calha (H), bem como o comprimento do condutor vertical (L). Assim, nesse ponto, se traçou uma reta horizontal até interceptar o eixo das ordenadas, obtendo com isso, o diâmetro do condutor a necessário.

Com isso, de acordo com o ábaco contido na Figura 13, para calhas com saída em aresta viva, os valores de vazão de projeto, conduzem a um conduto vertical, que não pode possuir um diâmetro inferior ao diâmetro mínimo estabelecido pela NBR 10.844:1989, que é de 70 mm. Nesse caso foi adotado no dimensionamento, condutores de PVC.

A Tabela 11 mostra os valores obtidos para os diâmetros dos condutos verticais, onde todos deverão ter 70 mm de diâmetro interno, que é o mínimo necessário. Isso ocorre em razão da altura do condutor vertical, ser de menos de 10 metros. Então, todas as calhas, de todas as didáticas, teriam pelo menos 1 condutor verticais, para a saída de água da calha.

Para conhecer o diâmetro comercial mais próximo, foi consultada a Tabela 12, que releva qual deve ser o diâmetro comercial de PVC de um respectivo diâmetro interno. Assim, foi possível obter o diâmetro comercial exato dos condutores verticais das didáticas, conforme também está exposto na Tabela 12, onde os condutos de todas as didáticas deverão ter 85 mm.

Tabela 11 – Diâmetros dos condutos verticais.

Bloco/edificação	Diâmetro interno (mm)	Diâmetro comercial (mm)
Didática 1 – decaimento 1	70	85
Didática 1 – decaimento 2	70	85
Didática 2 – decaimento 1	70	85
Didática 2 – decaimento 2	70	85
Didática 3 – decaimento 1	70	85
Didática 3 – decaimento 2	70	85
Didática 4 – decaimento 1	70	85
Didática 4 – decaimento 2	70	85
Didática 5 – bloco 1	70	85
Didática 5 – bloco 2	70	85
Didática 6 – bloco 1	70	85
Didática 6 – bloco 2	70	85

---

Fonte: o autor (2019).



Tabela 12 – Diâmetro comercial dos tubos de PVC.

Diâmetro comercial (mm)	Espessura (mm)	Diâmetro interno (mm)
20	1,5	17
25	1,7	21,6
32	2,1	27,8
40	2,4	35,2
50	3,0	44
60	3,3	53,4
75	4,2	66,6
85	4,7	75,6
110	6,1	97,8

---

Fonte: AltoQI.

#### 5.1.4 CONDUTORES HORIZONTAIS

Para realizar o dimensionamento dos condutos horizontais, de acordo com a NBR 10.844:1989, a seção circular para o escoamento da água, deve atender com lâmina de altura igual a  $\frac{2}{3}$  do diâmetro interno (D) do tubo.

Diante disso, as vazões para tubos de PVC, com  $n=0,011$ , contidas na Tabela 04 do capítulo 4.3, como se pode ver, para as vazões de projeto, será adotado um tubo de diâmetro interno de 150 mm para as águas das didáticas 1 e 4 e, 200 mm de diâmetro interno, para as águas das demais didáticas, sendo ambos com 1 % de inclinação.

Caso seja escolhido outro material, com característica mais resistente, como tubos de polietileno, o diâmetro comercial de cada conduto deve respeitar o que consta na Tabela 13. Assim, para o diâmetro interno de condutor horizontal obtido para as didáticas 1 e 4, os mesmos correspondem a um tubo com diâmetro externo de 176 mm, para as demais didáticas o diâmetro será de 232 mm.

Tabela 13 – Diâmetro de tubos de polietileno.

Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)
100	103	120
150	153	176
200	200	232
250	249	290
300	308	367
375	382	445
450	460	545
600	614	717
750	774	900
900	914	1044
1050	1050	1212
1200	1204	1367
1500	1500	1684

---

Fonte: TIGRE-ADS.

## 5.2 Análise da demanda de água nas didáticas

A demanda per capita de água considerada foi de 50 l/hab.dia conforme é adotado pela Prefeitura de Florianópolis (2016) e por Creder (2006) para instituições de ensino, as quais não funcionam como internato.

Dessa maneira, foi realizado um levantamento na plataforma na SIGAA para verificar a quantidade de pessoas matriculadas (alunos) que frequentam a unidade diariamente nos últimos 4 semestres e calculada uma média dessa frequência diária de alunos. Também foi realizado um levantamento *in loco* para verificar a quantidade de funcionários que trabalham diariamente nas didáticas, conforme mostra a Tabela 14.

A partir desse levantamento, da quantidade populacional e, considerando a referida demanda per capita, foi calculado a demanda total de água nas didáticas conforme mostra a Tabela 15.

É possível perceber que a didática 4, possui maior quantidade de alunos com disciplinas que são ministradas no local, resultando assim em uma maior demanda de água, seguida das didáticas 3, 5, 1, 6 e 2, respectivamente.

É válido ressaltar que a didática 2 possui a menor demanda por ser tratar de uma didática que também funciona com atividades administrativas, tendo uma menor quantidade de aulas e, conseqüentemente, alunos. O espaço é destinado a outras atividades, diferente das outras didáticas.

Tabela 14 – Usos das didáticas e quantidade de pessoas que frequentam diariamente os locais.

DIDÁTICA	USOS	QUANT. DE FUNCIONÁRIOS	QUANT. DIÁRIA DE ALUNOS	TOTAL
DIDÁTICA 1	Sala de aula.	1	6285	6286
DIDÁTICA 2	Sala de aula, chefias de cursos de pós graduação, salas administrativas de ensino à distância, laboratórios de informática.	101	187	288
DIDÁTICA 3	Salas de aula, auditórios, salas de desenho.	1	6620	6621
DIDÁTICA 4	Salas de aula, auditórios.	1	7895	7896
DIDÁTICA 5	Salas de aula, auditórios, sala administrativa do Serviço de Limpeza da UFS.	3	6597	6600
DIDÁTICA 6	Salas de aula, auditórios	1	3780	3781

Fonte: o autor (2019).

Tabela 15 – Demanda total de água nas didáticas.

DIDÁTICA	QUANT. TOTAL DE PESSOAS / DIA	DEMANDA (l/hab.dia)	DEMANDA TOTAL (l/dia)	DEMANDA TOTAL (m <sup>3</sup> /dia)
DIDÁTICA 1	6286	50	314320	314,32
DIDÁTICA 2	288	50	14415	14,415
DIDÁTICA 3	6621	50	331050	331,05

DIDÁTICA 4	7896	50	394775	394,775
DIDÁTICA 5	6600	50	329980	329,98
DIDÁTICA 6	3781	50	189050	189,05

Fonte: o autor (2019).

### 5.3 Dimensionamento do reservatório

Para realizar o dimensionamento do reservatório, se adotou o método empírico inglês, método de Azevedo Neto (empírico brasileiro) e método empírico alemão, que são apresentados na NBR 15.527:2007 e, que dispõe as recomendações acerca do aproveitamento de água da chuva em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A escolha dos referidos métodos foi acertada em razão da necessidade de um reservatório que venha a suprir a demanda de água não potável para todo o ano, principalmente, durante o ano letivo, levando em consideração também a área disponível para instalação.

No município de São Cristóvão, o inverno tem muito mais pluviosidade que o verão. De acordo o Climate-Data (2018), o referido município tem uma pluviosidade média anual de 1372 mm. Além disso, o município, por se enquadrar em região de Mata Atlântica, possui o período de seca e de chuva bem definidos, sendo 6 meses de pouco chuva e 6 meses com índices pluviométricos maiores.

Diante disso, aplicando as fórmulas dos referidos métodos de dimensionamento de reservatório utilizados e, levando em consideração a área de coleta das didáticas, se obteve um valor de volume de reservatório para todas as didáticas por método usado, conforme mostra as Tabelas 16 a 20.

Como se pode visualizar nas referidas tabelas, o método de Azevedo Neto (Tabela 16) consiste no método que resulta no maior volume aproveitável, entre 170,02 e 246,65 m<sup>3</sup>, em razão possivelmente que o mesmo considera os meses de seca na região, diferentemente dos outros métodos.

O método empírico inglês, como se revela na Tabela 17, resultou no menor volume, entre 33,73 e 48,94 m<sup>3</sup>, em razão de levar em consideração apenas os fatores de precipitação e a área de contribuição dos prédios em questão.

Para o método empírico alemão, o mesmo faz uma análise em relação ao volume de água que a demanda anual da edificação possui, bem como uma outra análise a partir do volume de água que a área de contribuição capta. Nesse sentido, se escolhe o menor volume entre estas duas análises, as Tabelas 18 e 19, mostram os valores do reservatório calculado pelo método

empírico alemão, analisando as variáveis de demanda e volume captado anualmente. A Tabela 20 especifica os volumes adotados entre os dois.

É válido ressaltar que os métodos empíricos alemão e inglês resultaram em volumes de reservatório parecidos, em razão das informações que os dois levam em consideração. Sendo assim, os dois mostraram valores factíveis, tendo em vista a construção de um reservatório.

Tabela 16 – Volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIÇÃO	MÉTODO DE AZEVEDO NETO (l)	MÉTODO DE AZEVEDO NETO (m <sup>3</sup> )
DIDÁTICA 1	491,74	170016,15	170,02
DIDÁTICA 2	632,88	218814,46	218,81
DIDÁTICA 3	632,88	218814,46	218,81
DIDÁTICA 4	579,90	200496,25	200,50
DIDÁTICA 5	713,38	246646,85	246,65
DIDÁTICA 6	713,38	246646,85	246,65

Fonte: o autor (2019).

Tabela 17 – Volume do reservatório pelo método de empírico inglês.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIÇÃO	MÉTODO EMPÍRICO INGLÊS (l)	MÉTODO EMPÍRICO INGLÊS (m <sup>3</sup> )
DIDÁTICA 1	491,74	33733,36	33,73
DIDÁTICA 2	632,88	43415,57	43,42
DIDÁTICA 3	632,88	43415,57	43,42
DIDÁTICA 4	579,90	39781,00	39,78
DIDÁTICA 5	713,38	48937,87	48,94
DIDÁTICA 6	713,38	48937,87	48,94

Fonte: o autor (2019).

Tabela 18 – Volume do reservatório pelo método de empírico alemão, considerando o volume anual de chuva coletado.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIÇÃO (m <sup>2</sup> )	VOLUME COLETADO ANUALMENTE EM LITROS (V <sub>c</sub> )
DIDÁTICA 1	491,74	674667,28
DIDÁTICA 2	632,88	868311,36
DIDÁTICA 3	632,88	868311,36
DIDÁTICA 4	579,90	795620,06
DIDÁTICA 5	713,38	978757,36
DIDÁTICA 6	713,38	978757,36

Fonte: o autor (2019).

Tabela 19 – Volume do reservatório pelo método de empírico alemão, considerando o volume da demanda anual.

DIDÁTICA	DEMANDA DIÁRIA EM LITROS	DEMANDA ANUAL EM LITROS	VOLUME DO RESERVATÓRIO PELO VOLUME COLETADO (m <sup>3</sup> )	VOLUME DO RESERVATÓRIO PELA DEMANDA (m <sup>3</sup> )
DIDÁTICA 1	314320,00	114726800,00	40,48	6883,61
DIDÁTICA 2	14415,00	5261475,00	52,10	315,69
DIDÁTICA 3	331050,00	120833250,00	52,10	7250,00
DIDÁTICA 4	394775,00	144092875,00	47,74	8645,57
DIDÁTICA 5	329980,00	120442700,00	58,73	7226,56
DIDÁTICA 6	189050,00	69003250,00	58,73	4140,20

Fonte: o autor (2019).

Tabela 20 – Volume adotado do reservatório pelo método de empírico alemão.

DIDÁTICA	VOLUME DO RESERVATÓRIO ADOTADO (m <sup>3</sup> )
DIDÁTICA 1	40,48
DIDÁTICA 2	52,10

DIDÁTICA	VOLUME DO RESERVATÓRIO ADOTADO (m3)
DIDÁTICA 3	52,10
DIDÁTICA 4	47,74
DIDÁTICA 5	58,73
DIDÁTICA 6	58,73

Fonte: o autor (2019).

No que se refere a localização dos reservatórios que serão enterrados, sugere-se uma localização para os mesmos próximos as didáticas, conforme mostra as Figuras 24 a 26. Entre as didáticas há espaços vazios ou espaços verdes e, como os reservatórios serão enterrados, é possível a localizados dos mesmos nos destaques em vermelho.

Os reservatórios enterrados são ideias para economizarem espaço, sendo a sugestão mais adequada para UFS, em razão de ser possível manter as áreas e espaços verdes na superfície, mesmo com a implementação dos mesmos.

Figura 24 – Localização dos reservatórios das didáticas 1 e 2.



Fonte: Google earth.

Figura 25 – Localização dos reservatórios das didáticas 3 e 4.



Fonte: *Google earth*.

Figura 26 – Localização dos reservatórios das didáticas 5 e 6.



Fonte: *Google earth*.



#### 5.4 Simulações econômicas com o *software* Netuno

A partir do auxílio do *software* Netuno foram estimadas as possíveis economias no consumo e custo de água, com a implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para as didáticas da UFS.

Com dados de entrada, contidos na Tabela 21, foi estimado no Netuno as economias de água em relação ao consumo e valor pago em cada didática. Além desses dados que são específicos para cada didática, também foram considerados os seguintes dados para todas as didáticas:

- Dados de precipitação diários para realizar as simulações: série histórica EMBRAPA de 2009-2019 para o município de São Cristóvão;
- Descarte de escoamento inicial: 1 mm, usado para levar os telhados e não carregar impurezas para os reservatórios;
- Demanda de água: 50 l/habitante dia;
- Substituição da demanda total por água pluvial: 40%;
- Coeficiente de escoamento superficial: 1 mm;
- Tarifa de água local: até  $10\text{m}^3 = \text{R\$ } 166,07$ , mais de  $10\text{m}^3 = \text{R\$ } 25,38$  por  $\text{m}^3$ ;
- Tarifa de esgoto local: 80% do valor da conta de água.

Tabela 21 - Dados de entrada do Netuno para cada didática.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIÇÃO ( $\text{m}^2$ )	Demanda per capita (l/hab.dia)	QUANT. TOTAL DE PESSOAS / DIA	VOLUME DO RESERVATÓRIO ADOTADO (l)
DIDÁTICA 1	491,74	674667,28	6286	34000
DIDÁTICA 2	632,88	868311,36	288	44000
DIDÁTICA 3	632,88	868311,36	6621	44000
DIDÁTICA 4	579,90	795620,06	7896	40000
DIDÁTICA 5	713,38	978757,36	6600	49000
DIDÁTICA 6	713,38	978757,36	3781	49000

Fonte: o autor (2019).

A Figura 27 mostra o *layout* inicial do Netuno, evidenciando como foram inseridos os dados, as informações que são utilizadas em todas as didáticas foram preenchidas nos seus

respectivos campos. Os locais em branco, referente a área de captação, quantidade de pessoas e volume de reservatório, foram preenchidos unicamente para cada didática conforme as informações da Tabela 20, realizando assim, 6 simulações.

Ressalta-se para os volumes dos reservatórios, foram adotados os valores obtidos com o método empírico inglês, em razão de ter sido o menor. O Netuno também estima o volume ideal do reservatório, porém, neste caso, como está se trabalhando com uma grande quantidade de pessoas, não foi possível o *software* calcular os volumes ideais de cada didática. Diante disso, foi adotado o método empírico inglês, onde foi obtido o menor volume, dentre os métodos utilizados.

Figura 27 – Dados de entrada do Netuno.

**Netuno 4**

Simulação Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação	Dados de precipita
Número de registros	3652
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/2009
Descarte escoamento inicial (mm)	1

Área de captação (m²)

Demanda total de água (litros per capita/dia)

50 Variável...

Número de moradores

Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial

Coefficiente de escoamento superficial

Observações

Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.

**Tarifas de água e esgoto**

Volume (m³)

Acima de 10

Custo (R\$/m³)

Adicionar

Abaixo de 10 m³: R\$166,07 (fixo).

Acima de 10 m³: R\$25,38 (por m³).

Tarifa de esgoto

☐ Fixa

☒ Variável

Percentual da tarifa de água

80

Imposto fixo (R\$)

Imposto variável (%)

Limpar dados

Concluir

Fonte: NETUNO.

Em relação a análise econômica, as Tabelas 22 a 27, obtidas no Netuno para cada didática, simulando o potencial de atendimento da água pluvial. Neste trabalho, como foi considerado apenas os dados de população que frequenta a didática, demanda e volume de reservatório já definido, as colunas de volume extravasado e média de recalques, estão zeradas.

Como é possível visualizar, o sistema de aproveitamento de água pluvial atende parcialmente, que consiste em certos dias dos meses a água pluvial substituir parte da demanda de água total. Porém, não atende completamente a substituição de 40% da demanda total de água em nenhum dia de nenhum mês, apenas parcialmente, com exceção da didática 2.

Este fato ocorre em razão das didáticas serem frequentadas por muitos alunos e funcionários, diariamente, variando de 3000 até quase 8000 mil pessoas. O atendimento da didática 2 consistiu no melhor resultado, em razão de ser a didática que mais funciona como um prédio departamental, possui menos alunos e mais funcionários.

Nesse sentido, a didática 2 como foi a única, onde o sistema de aproveitamento de água pluvial pode atender completamente em certa porcentagem a substituição da demanda por água da chuva, ressalta-se que o cenário da mesma consiste no mais otimista. O atendimento parcial para didática 2 variou entre 16 e 37% dos dias dos meses e, o atendimento completo entre 0 e 20%, ao longo dos dias dos meses do ano.

Nas demais didáticas, os cenários foram bastante parecidos, sem atendimento completo, apenas com atendimento parcial variando de 14 a 52%, ao longo dos dias dos referidos meses.

Tabela 22 – Simulação didática 1

Resultado mensal da simulação								
Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	0,06	180,81	314119,19	0,00	0,00	17,10	82,90	0,00
Fevereiro	0,15	468,82	313831,18	0,00	0,00	28,37	71,63	0,00
Março	0,15	457,89	313842,11	0,00	0,00	36,45	63,55	0,00
Abril	0,62	1942,77	312357,23	0,00	0,00	52,67	47,33	0,00
Maio	0,58	1822,66	312477,34	0,00	0,00	44,52	55,48	0,00
Junho	0,12	384,82	313915,18	0,00	0,00	30,00	70,00	0,00
Julho	0,10	329,12	313970,88	0,00	0,00	20,65	79,35	0,00
Agosto	0,04	127,96	314172,04	0,00	0,00	14,84	85,16	0,00
Setembro	0,03	85,27	314214,73	0,00	0,00	14,33	85,67	0,00
Outubro	0,13	400,86	313899,14	0,00	0,00	25,48	74,52	0,00
Novembro	0,18	563,71	313736,29	0,00	0,00	20,67	79,33	0,00
Dezembro	0,14	436,86	313863,14	0,00	0,00	23,23	76,77	0,00
<b>Média</b>	<b>0,19</b>	<b>599,63</b>	<b>313700,37</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>27,33</b>	<b>72,67</b>	<b>0,00</b>
<b>Total ano</b>		<b>218865</b>	<b>1,14501E8</b>	<b>0</b>				

Fonte: NETUNO.

Tabela 23 – Simulação didática 2

Resultado mensal da simulação								
Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	1,62	232,71	14167,29	0,00	0,00	17,10	82,90	0,00
Fevereiro	4,19	603,38	13796,62	0,00	2,48	26,24	71,28	0,00
Março	4,09	589,31	13810,69	0,00	0,00	36,45	63,55	0,00
Abril	13,67	1968,40	12431,60	647,88	20,67	37,67	41,67	0,00
Mai	11,01	1585,64	12814,36	782,77	14,19	32,90	52,90	0,00
Junho	3,96	570,66	13829,34	0,00	3,00	27,67	69,33	0,00
Julho	2,94	423,59	13976,41	0,00	2,90	18,71	78,39	0,00
Agosto	1,14	164,68	14235,32	0,00	0,00	14,84	85,16	0,00
Setembro	0,76	109,74	14290,26	0,00	0,00	14,33	85,67	0,00
Outubro	3,47	500,33	13899,67	0,00	0,97	24,52	74,52	0,00
Novembro	4,84	697,37	13702,63	0,00	6,00	16,33	77,67	0,00
Dezembro	4,20	605,05	13794,95	0,00	6,45	18,39	75,16	0,00
<b>Média</b>	<b>4,65</b>	<b>669,64</b>	<b>13730,36</b>	<b>119,73</b>	<b>4,71</b>	<b>23,74</b>	<b>71,55</b>	<b>0,00</b>
<b>Total ano</b>		<b>244420</b>	<b>5,01158E6</b>	<b>43702</b>				

Fonte: NETUNO.

Tabela 24 – Simulação didática 3.

Resultado mensal da simulação								
Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	0,07	232,71	330817,29	0,00	0,00	17,10	82,90	0,00
Fevereiro	0,18	603,38	330446,62	0,00	0,00	28,37	71,63	0,00
Março	0,18	589,31	330460,69	0,00	0,00	36,45	63,55	0,00
Abril	0,76	2500,38	328549,62	0,00	0,00	52,67	47,33	0,00
Mai	0,71	2345,80	328704,20	0,00	0,00	44,52	55,48	0,00
Junho	0,15	495,27	330554,73	0,00	0,00	30,00	70,00	0,00
Julho	0,13	423,59	330626,41	0,00	0,00	20,65	79,35	0,00
Agosto	0,05	164,68	330885,32	0,00	0,00	14,84	85,16	0,00
Setembro	0,03	109,74	330940,26	0,00	0,00	14,33	85,67	0,00
Outubro	0,16	515,91	330534,09	0,00	0,00	25,48	74,52	0,00
Novembro	0,22	725,51	330324,49	0,00	0,00	20,67	79,33	0,00
Dezembro	0,17	562,24	330487,76	0,00	0,00	23,23	76,77	0,00
<b>Média</b>	<b>0,23</b>	<b>771,74</b>	<b>330278,26</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>27,33</b>	<b>72,67</b>	<b>0,00</b>
<b>Total ano</b>		<b>281683</b>	<b>1,20552E8</b>	<b>0</b>				

Fonte: NETUNO.

Tabela 25 – Simulação didática 4.

Resultado mensal da simulação								
Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	0,05	213,23	394586,77	0,00	0,00	17,10	82,90	0,00
Fevereiro	0,14	552,87	394247,13	0,00	0,00	28,37	71,63	0,00
Março	0,14	539,98	394260,02	0,00	0,00	36,45	63,55	0,00
Abril	0,58	2291,07	392508,93	0,00	0,00	52,67	47,33	0,00
Maio	0,54	2149,43	392650,57	0,00	0,00	44,52	55,48	0,00
Junho	0,11	453,81	394346,19	0,00	0,00	30,00	70,00	0,00
Julho	0,10	388,13	394411,87	0,00	0,00	20,65	79,35	0,00
Agosto	0,04	150,90	394649,10	0,00	0,00	14,84	85,16	0,00
Setembro	0,03	100,55	394699,45	0,00	0,00	14,33	85,67	0,00
Outubro	0,12	472,72	394327,28	0,00	0,00	25,48	74,52	0,00
Novembro	0,17	664,78	394135,22	0,00	0,00	20,67	79,33	0,00
Dezembro	0,13	515,18	394284,82	0,00	0,00	23,23	76,77	0,00
<b>Média</b>	<b>0,18</b>	<b>707,13</b>	<b>394092,87</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>27,33</b>	<b>72,67</b>	<b>0,00</b>
<b>Total ano</b>		<b>258103</b>	<b>1,43844E8</b>	<b>0</b>				

Fonte: NETUNO.

Tabela 26 – Simulação didática 5.

Resultado mensal da simulação								
Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	0,07	262,31	395737,69	0,00	0,00	17,10	82,90	0,00
Fevereiro	0,17	680,13	395319,87	0,00	0,00	28,37	71,63	0,00
Março	0,17	664,27	395335,73	0,00	0,00	36,45	63,55	0,00
Abril	0,71	2818,42	393181,58	0,00	0,00	52,67	47,33	0,00
Maio	0,67	2644,18	393355,82	0,00	0,00	44,52	55,48	0,00
Junho	0,14	558,27	395441,73	0,00	0,00	30,00	70,00	0,00
Julho	0,12	477,47	395522,53	0,00	0,00	20,65	79,35	0,00
Agosto	0,05	185,63	395814,37	0,00	0,00	14,84	85,16	0,00
Setembro	0,03	123,70	395876,30	0,00	0,00	14,33	85,67	0,00
Outubro	0,15	581,53	395418,47	0,00	0,00	25,48	74,52	0,00
Novembro	0,21	817,80	395182,20	0,00	0,00	20,67	79,33	0,00
Dezembro	0,16	633,76	395366,24	0,00	0,00	23,23	76,77	0,00
<b>Média</b>	<b>0,22</b>	<b>869,90</b>	<b>395130,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>27,33</b>	<b>72,67</b>	<b>0,00</b>
<b>Total ano</b>		<b>317512</b>	<b>1,44222E8</b>	<b>0</b>				

Fonte: NETUNO.

Tabela 27 – Simulação didática 6.

Resultado mensal da simulação								
Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	0,14	262,31	188787,69	0,00	0,00	17,10	82,90	0,00
Fevereiro	0,36	680,13	188369,87	0,00	0,00	28,37	71,63	0,00
Março	0,35	664,27	188385,73	0,00	0,00	36,45	63,55	0,00
Abril	1,49	2818,42	186231,58	0,00	0,00	52,67	47,33	0,00
Mai	1,40	2644,18	186405,82	0,00	0,00	44,52	55,48	0,00
Junho	0,30	558,27	188491,73	0,00	0,00	30,00	70,00	0,00
Julho	0,25	477,47	188572,53	0,00	0,00	20,65	79,35	0,00
Agosto	0,10	185,63	188864,37	0,00	0,00	14,84	85,16	0,00
Setembro	0,07	123,70	188926,30	0,00	0,00	14,33	85,67	0,00
Outubro	0,31	581,53	188468,47	0,00	0,00	25,48	74,52	0,00
Novembro	0,43	817,80	188232,20	0,00	0,00	20,67	79,33	0,00
Dezembro	0,34	633,76	188416,24	0,00	0,00	23,23	76,77	0,00
<b>Média</b>	<b>0,46</b>	<b>869,90</b>	<b>188180,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>27,33</b>	<b>72,67</b>	<b>0,00</b>
<b>Total ano</b>		<b>317512</b>	<b>6,86857E7</b>	<b>0</b>				

Fonte: NETUNO.

O potencial econômico em ralação ao desconto na conta de água também foi calculado, com o fornecimento de dados referentes a tarifa de água e esgoto, o Netuno estimou em reais, o possível desconto nas contas de água, conforme mostra as Tabela 28.

Tabela 28 – Estimativas de economia para cada didática.

	DID. 1	DID. 2	DID. 3	DID. 4	DID. 5	DID. 6
Jan	R\$256,06	R\$329,56	R\$329,56	R\$301,97	R\$371,48	R\$371,48
Fev	R\$599,69	R\$771,81	R\$771,81	R\$707,20	R\$869,99	R\$869,99
Mar	R\$648,46	R\$834,59	R\$834,59	R\$764,72	R\$940,74	R\$940,74
Abr	R\$2.662,60	R\$2.697,73	R\$3.426,82	R\$3.139,96	R\$3.862,70	R\$3.862,70
Mai	R\$2.581,26	R\$2.245,59	R\$3.322,13	R\$3.044,03	R\$3.744,69	R\$3.744,69
Jun	R\$527,40	R\$782,10	R\$678,78	R\$621,96	R\$765,12	R\$765,12
Jul	R\$466,11	R\$599,89	R\$599,89	R\$549,67	R\$676,19	R\$676,19
Ago	R\$181,21	R\$233,22	R\$233,89	R\$213,70	R\$262,89	R\$262,89
Set	R\$116,86	R\$150,40	R\$150,40	R\$137,81	R\$169,53	R\$169,53
Out	R\$567,69	R\$708,57	R\$730,63	R\$669,47	R\$823,57	R\$823,57
Nov	R\$772,58	R\$955,76	R\$994,33	R\$911,09	R\$1.120,80	R\$1.120,80
Dez	R\$618,68	R\$856,88	R\$796,25	R\$729,59	R\$897,53	R\$897,53
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>
<b>ANUAL</b>	<b>9.998,60</b>	<b>11.166,10</b>	<b>12.869,08</b>	<b>11.791,17</b>	<b>14.505,23</b>	<b>14.505,23</b>

Fonte: Adaptado de NETUNO (2019).

Conforme é possível visualizar na Tabela 28, a didática 5 e 6, possui o maior potencial econômico (economia de R\$ 14.505,23 no ano), seguida das didáticas 3, 4, 2 e 1. Dessa forma, é válido enfatizar que esse potencial econômico depende de fatores que são diferentes para cada didática, como a área de contribuição, demanda total do ambiente, além de fatores que são os mesmos, como a precipitação, valor tarifário de água e esgoto, entre outros.

Toda a água coletada pelo sistema de aproveitamento de água pluvial, poderia ser utilizada nos seguintes fins:

- Jardinagem;
- Lavagem de pisos;
- Irrigação;
- Descargas.

Como já foi informado, a fonte de água que abastece a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos advém da Companhia de Saneamento Básico de Sergipe (DESO), além de haver poços que são utilizados para fins de jardinagem. Assim, o sistema de água da chuva poderia auxiliar no abastecimento, juntamente com esses poços.

É necessário salientar que no campus há poucos poços e, os mesmos estão em processo de licenciamento e outorga. Além disso, atualmente está havendo utilização de apenas dois poços para ocorrer jardinagem em pontos isolados do campus.

A utilização da água pluvial para descargas e lavagem de pisos é ideal, pois como toda a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos possui grandes extensão de calçadas, grande quantidade banheiros, se percebe que é adequada destinar a água de chuva para esses fins.

A implantação de uma instalação hidráulica do reservatório para o sistema de descarga dos banheiros, possivelmente traria um grande custo-benefício pois, excluiria o consumo de água potável para este objetivo.

No que tange a instalação dos reservatórios, seus respectivos custos foram estimados com base no *software* ORSE – Orçamento de obras de Sergipe. Como o mesmo já possui um banco de dados com diversos insumos e serviços, foi utilizada o banco de dados mais recentes para averiguar diretamente o serviço de construção de reservatório, incluindo os insumos, equipamentos e mão de obra.

Nesse sentido, a Tabela 29 mostra os valores dos reservatórios disponíveis no ORSE para suprir as necessidades das didáticas, no que tange o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Para as didáticas 1, 2, 3 e 4 pode ser destinado o conjunto de reservatórios que possuem volume superior de 18.000 litros e inferior de 27.000 litros para atender seus respectivos volumes calculados, já para as didáticas 5 e 6 pode ser destinado o conjunto de reservatórios que possuem volume superior de 36.000 litros e inferior de 24.000 litros. Ambos os conjuntos adotados, já estão englobando os seguintes custos:

- Motor bomba centrífuga, com altura manométrica de 10 a 24 m;
- Concreto simples com  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ;
- Barras de aço CA – 50;
- Formas;
- Mão de obra;
- Boia elétrica;
- Disjuntor;
- Entre outros.

Assim, os respectivos valores atendem os serviços de instalação e execução dos reservatórios. A Tabela 30 mostra o tempo em anos, onde as economias nas contas de água irão suprir os valores gastos com os referidos reservatórios.

Tabela 29 – Valores dos Reservatórios.

DIDÁTICA	Vol. calculado adotado	Reservatório padrão	Valor (R\$)
DIDÁTICA 1	34000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62
DIDÁTICA 2	44000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62
DIDÁTICA 3	44000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62
DIDÁTICA 4	40000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62



DIDÁTICA	Vol. calculado adotado	Reservatório padrão	Valor (R\$)
DIDÁTICA 5	49000	Conjunto reservatório padrão, superior 24.000 litros / inferior 36.000 litros	125.936,45
DIDÁTICA 6	49000	Conjunto reservatório padrão, superior 24.000 litros / inferior 36.000 litros	125.936,45

Fonte: ORSE, 2019.

Ressalta-se que estes reservatórios e o sistema, ainda devem atender a NBR 15.527 no quesito limpeza e manutenção, que consistem em:

- Limpeza trimestral e inspeção mensal do dispositivo de descarte de detritos;
- Limpeza mensal do dispositivo de descarte do escoamento inicial;
- Manutenção semestral das calhas, condutores verticais e horizontais;
- Manutenção mensal das bombas;
- Limpeza e desinfecção anual do reservatório.

Tabela 30 – Retorno financeiro para a instalação do sistema.

DIDÁTICA	Valor do conjuntos de reservatórios (R\$)	Economia anual com instalação do sistema (R\$)	Retorno financeiro (anos)
DIDÁTICA 1	110.712,62	9.998,60	11,1
DIDÁTICA 2	110.712,62	11.166,10	9,9
DIDÁTICA 3	110.712,62	12.869,08	8,6
DIDÁTICA 4	110.712,62	11.791,17	9,4
DIDÁTICA 5	125.936,45	14.505,23	8,7
DIDÁTICA 6	125.936,45	14.505,23	8,7

Fonte: o autor (2019).

Quanto ao retorno financeiro, o mesmo irá variar entre 8,7 e 11,1 anos, quando todos os gastos com as obras do serviço serão supridos. Levando em consideração que a cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, consiste em uma instituição pública de ensino, onde sua atividade irá progredir por décadas, é factível o retorno financeiro com a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Além disso, esse sistema é de grande utilidade na prevenção de problemas de alagamentos e escassez de água, que podem ocorrer na universidade, dando melhor destino as águas da chuva, se tornando uma solução ambientalmente viável.

Portanto, a captação de água pluvial pode atender a demandas sustentáveis da atualidade, que buscam viabilidade social, ambiental e econômica. Assim, a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos poderia se tornar um campus que venha a usufruir de tecnologias sustentáveis.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, se pode concluir que o sistema de aproveitamento de água de chuva para a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, consiste em uma tecnologia viável, na qual, com a instalação desse sistema ambientalmente adequado, se pode armazenar uma quantidade considerável de água. Além disso, alguns órgãos públicos já possuem projetos envolvendo a utilização de água pluvial, tornando o sistema uma técnica bastante promissora para as gerações futuras.

A aplicação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, no âmbito da UFS, configura uma alternativa eficaz na redução de consumo de água, juntamente com a destinação da água reservada para utilização em fins menos nobres, como lavagens de calçadas, descargas, lavagens de pisos. Assim, as fontes de abastecimento de água podem ser menos requisitadas, pois a demanda total de água pode ser, em parte, substituída por água da chuva.

No que se refere a economia, percebe-se que há um relevante potencial para reduzir o consumo de água potável na Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos para suprir demandas não potáveis com a utilização de reservatórios de água pluvial, deixando em evidência a otimização do uso de recursos hídricos em órgãos públicos.

A captação de água de chuva pode proporcionar uma economia que levará em torno de uma década para ocorrer um *payback*. Nessa conjuntura, considerando o aumento populacional da UFS e sua prevalência como instituição de ensino por anos, esse retorno possivelmente será alcançado de forma real.

Neste contexto, também deve-se ressaltar que o sistema de aproveitamento de água pluvial dimensionado e simulado para a UFS, também pode ser útil para outros órgãos públicos, principalmente para edificações onde também há uma grande concentração populacional. Tendo em vista as cidades universitárias, cuja logística é similar a UFS, contendo prédios que funcionam como didáticas, esse sistema pode ser uma tecnologia viável para outros campus universitários.

Seguindo o raciocínio que vem sendo difundido ao longo dos últimos anos, as tecnologias de drenagem sustentável, envolvendo os BMPs que englobam o aproveitamento da água de chuva, atendem a viabilidade econômica, social e ambiental, comprovando que são tecnologias sustentáveis.

Para promover mais essa prática envolvendo o aproveitamento de água de chuva, é válido ressaltar a Lei Federal nº 13.501/2017, que inclui o aproveitamento de águas pluviais como um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, é responsável por promover

a implementação deste sistema em edificações, que incluem os órgãos públicos. Assim, essa tecnologia tem respaldo da legislação para ser implementada em grande escala.

Neste segmento, além da legislação federal, diversos estados já possuem legislação estadual específica para incentivar a implementação da referida tecnologia em edificações de órgãos públicos, difundindo também em âmbitos estaduais o sistema.

Por fim, alinhando a água do sistema de aproveitamento de água pluvial com os usos não nobres, essa convergência pode auxiliar no combate à crise hídrica, bem como trazer um *payback* em um prazo que pode ser curto, dependendo do projeto.

## **7. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

1 – Estudo acerca da demanda de água da Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, para averiguar o valor de demanda do local, com pesquisas e metodologias específicas;

2 – Estudo do potencial de aproveitamento de água pluvial em prédios departamentais da UFS, onde a dinâmica de ocupação e utilização é diferente das didáticas.

## 8. REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. E. F.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. **Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.17, n.3, p.243–252, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844**: Instalação Predial de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

AQUASTOCK – Água da Chuva. **Sistema de Reaproveitamento da Água da Chuva**. Disponível em: < <http://aquastock.com.br/port/~qualidade> >. Acesso em: 21/08/2008.

ANNECCHINI, V. P. K. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2005.

BEZERRA, S.M.C.; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR**. Ambiente Construído, Porto Alegre, out. a dez. 2010. Disponível em: 19 set. 2012.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1985. 233 p.

BRITO, D. S. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

CARDOSO, D. C. **Aproveitamento de águas pluviais em habitações de interesse social: Caso – “Minha Casa Minha Vida”**. Projeto de graduação, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Bahia, 2010.

CEHOP – Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas. **ORSE - Orçamento de Obras de Sergipe**. Disponível em: <<http://orse.cehop.se.gov.br/>>. Acesso em: jul. 2019.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade de água interiores do Estado de São Paulo 1995**. São Paulo: Cetesb, 1995. 286 p. (Série Relatórios).

CLIMATE-DATA. **Clima São Cristóvão**. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sergipe/sao-cristovao-42963/> >. Acesso em jul. 2019.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Editora Livros Técnicos e Científicos S. A. (LTC), 6ª Edição Edição, 423p, 2006.

EMBRAPA. **Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/index.jsp?siglaUF=SE>>. Acesso em: jul. 2019.

FERREIRA, J. C.; SILVA, C.; TENEDORIO, J. A.; PONTES, S.; ENCARNÇÃO, S.; MARQUES, L. **Coastal Greenways: Interdisciplinarity and Integration Challenges for the Management of Developed Coastal Areas**. Journal of Coastal Research, SI 39, Itajaí, SC – Brazil, ISSN 0749-0208. 2004.

FIGUEIREDO, L. H. S. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, análise em residência unifamiliar em Macaúbas-Ba1**. Trabalho de conclusão de curso da Escola Politécnica da UFBA, 2015.

FREITAS, F. R. S. **Avaliação progressiva da qualidade da água do escoamento superficial de uma bacia fechada de drenagem urbana**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

GRASSI, M. T. **As águas do planeta terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição especial - mai. 2001. Disponível em: <<http://www.qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>> Acesso em: 10 mai. 2019. 2019.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>>. 2014.

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Netuno – Aproveitamento de águas pluviais no setor residencial**. Disponível em: <[www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br/)>. Programa computacional, 2004.

GLEICK, P. **The human right to water**. Instituto do Pacífico para Estudos para o Desenvolvimento, Meio Ambiente e Segurança. Política de Água, vol 1 pag 487-503. 1999.

GNADLINGER, J. Coleta de água de chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 1. 290 p.

GOULD, J. Rainwater is sake to drink? A review of recent findings. In: Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 9., 1999. Petrolina. **Anais eletrônicos...** Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina, 1999.

HERZOG, Cecilia Polacow. **Cidades para Todos: (re) aprendendo a conviver com a natureza**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Mauad X: Inverde, 2013, 312 p.



JONES, P.; MACDONALD, N. **Making Space for Unruly Water: Sustainable Drainage Systems and the Disciplining of Surface Runoff.** *Geoforum* 38 (3), 534- 544. 2007.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MORGAN C.; SHAFFER P.; ASHLEY R. M. **Water sensitive urban design as a delivery mechanism for water cycle management in England and Wales.** Proceedings of the International Conference on Water Sensitive Urban Design, Melbourne, Australia, 2012.

OHCHR; UN-HABITAT; WHO. **The Right to Water - Fact Sheet No. 35.** Geneva. Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights, United Nations Office, 2010.

PALMIER, L. R. **Perspectiva da aplicação de técnicas de aproveitamento de água em regiões de escassez.** In: IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas, 2001, Foz do Iguaçu, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. Secretaria municipal de saúde. **Orientação técnica: cálculo do consumo diário de água e de contribuição de esgoto.** Florianópolis, 2016.

RILLO, J. **Viabilidade Econômica do Reúso da Água na Construção Civil.** Trabalho de Conclusão de Curso. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2006.

ROESNER, L. A; TRAINA, P. **Overview of federal law and USEPA regulations for urban runoff.** *Water Science & Technology*, v. 29, nº 1-2, p. 445-454, 1994.

SANT’ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P.; ALVARES, K. C. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em edificações: princípios de políticas tarifárias baseados**

**em uma análise de viabilidade técnica, ambiental e econômica.** Relatório técnico apresentado para a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal, Brasília, 2017. Convênio ADASA/UnB – DODF: 197.000.977/2015.

SANTOS, L. D. **Segurança e defesa na viragem do milénio.** Sintra: EUROPA-AMÉRICA 2001.

SILVA, J. P. **Estudos Preliminares para Implantação de Trincheiras de Infiltração.** 2007. Dissertação de (Mestrado em Geotecnia). Universidade de Brasília, 2007.

THOMAS, T. **Choosing rainwater tanks for the sertão.** Disponível em: <[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3simp\\_terrythomas\\_choosingrainwater.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3simp_terrythomas_choosingrainwater.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** 2ª ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 592 p. 104

TUCCI, C. E. M. **Urban Flood Management.** Global Water Partnership, WMO – World Meteorologic Organisation, Cap-Net. Maio, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas.** Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, nº 63, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre. Editora da Universidade. ABRH/UFRGS. 678p. 2006.

TUCCI, C. E. M. **Aspectos Institucionais no Controle de Inundações.** I Seminário de Recursos Hídricos do Centro-Oeste. Brasília, 1999.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Orgs). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Porto Alegre, 2003, p. 471.

TUNDISI, J. G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999. 24 p.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T (Eds.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade/UFRGS, cap. 1, p. 15-36, 1995.

WALESH, S. G. **Urban Surface Water Management**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 518p, 1989.